Методичні засади формування тактико-технічних вимог до рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту військової автомобільної та мототехніки

Methodological Principles for Establishing Tactical and Technical Requirements for Mobile Maintenance and Repair Vehicles for Military Motor Vehicles and Motorcycles

Богдан Череушенко
Викладач кафедри автотранспортного забезпечення та автомобільної підготовки, e-mail: bogdan3674@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7901-5939

Військова академія, м. Одеса, Україна

Bohdan Chereushenko
Lecturer, Department of Motor Transport Services and Driver Training, e-mail: bogdan3674@ukr.net, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-7901-5939

Military Academy, Odesa, Ukraine

Received: October 6, 2026 | Revised: October 26, 2026 | Accepted: October 31, 2026

УДК 623.437:629.3.083

DOI: https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.5.32

Мета роботи. Розроблення методичного підходу до оцінювання ремонтної спроможності рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту з урахуванням трудомісткості ремонтних робіт, необхідної пропускної здатності та можливих сценаріїв їх застосування.

Метод дослідження. Дослідження ґрунтується на застосуванні системного аналізу, математичного моделювання, сценарного підходу та методів порівняльного оцінювання. Запропоновано визначати потребу в продуктивній праці за очікуваною кількістю ремонтних робіт і середньою трудомісткістю їх виконання. Необхідну пропускну здатність встановлено з урахуванням інтенсивності виконання ремонтних робіт у межах визначеного розрахункового періоду.

Результати дослідження. Сформовано розрахунковий підхід до визначення необхідної ефективної трудової потужності та пропускної здатності рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту. Запропоновано коефіцієнт завантаження ремонтної спроможності, який визначається за найбільшим відносним значенням потреби в трудових ресурсах або пропускній здатності. Такий підхід дозволяє виявляти потенційні обмеження ремонтних можливостей за різних сценаріїв експлуатації та оцінювати відповідність наявних ресурсів установленим потребам.

Практична цінність дослідження. Запропонований підхід може використовуватися для обґрунтування складу ремонтного обладнання, чисельності ремонтного персоналу, планування завантаження рухомих засобів технічного обслуговування і ремонту та оцінювання їхньої здатності виконувати визначені обсяги ремонтних робіт у встановлені терміни.

Обмеження дослідження. Практичне застосування розрахункових залежностей потребує підтвердження вихідних показників результатами випробувань, експлуатаційними даними або валідованими моделями ремонтних процесів.

Тип статті: дослідницька стаття методичного спрямування.

Purpose. To develop a methodological approach to assessing the repair capacity of mobile maintenance and repair (M&R) units, taking into account the labor intensity of repair operations, required throughput, and potential operational scenarios.

Method. The study employs systems analysis, mathematical modeling, scenario-based analysis, and comparative assessment methods. The proposed approach determines productive labor requirements based on the expected number of repair operations and their average labor intensity. The required throughput is calculated by considering the rate of repair completion within a specified time period.

Results. A calculation-based approach has been developed to determine the required effective labor capacity and throughput of mobile M&R units. A repair capacity utilization coefficient is proposed, defined as the maximum of two ratios: required to available labor capacity and required to available throughput. This approach makes it possible to identify potential constraints on repair capabilities under different operational scenarios and assess whether available resources are sufficient to meet established requirements.

Practical implications. The proposed approach can be applied to justify the composition of repair equipment, determine maintenance personnel requirements, plan the workload of mobile M&R units, and assess their ability to complete specified repair operations within established time limits.

Research limitations. The practical application of the proposed calculation methods requires validation of input parameters using experimental results, operational data, or validated models of repair processes.

Article type: Research article with a methodological focus.

Ключові слова. ремонтна спроможність; рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту; трудомісткість; ефективна трудова потужність; пропускна здатність; коефіцієнт завантаження; сценарне моделювання.

Key words. repair capacity; mobile maintenance and repair units; labor intensity; effective labor capacity; throughput; capacity utilization coefficient; scenario-based modeling

Вступ

Технічна готовність військової автомобільної та мототехніки є одним із визначальних чинників спроможності військових формувань своєчасно виконувати завдання за призначенням. Її підтримання залежить не лише від надійності зразків техніки, а й від ефективності системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР), здатності ремонтних підрозділів своєчасно виявляти несправності, виконувати необхідні відновлювальні роботи та забезпечувати повернення техніки до експлуатації. В умовах інтенсивного застосування військової техніки особливого значення набувають мобільність ремонтних спроможностей, автономність їх функціонування, технологічна оснащеність і здатність працювати за обмеженого ресурсного забезпечення.

Актуальність зазначеної проблеми посилюється різнотипністю парку військової автомобільної та мототехніки, відмінностями конструктивних рішень, діагностичних інтерфейсів, електронних систем, технологій обслуговування та номенклатури запасних частин. За таких умов традиційне формування вимог до рухомих засобів ТОіР переважно на основі переліку обладнання та характеристик базового шасі не забезпечує достатнього обґрунтування їх функціональної придатності. Результати сучасних досліджень свідчать про необхідність удосконалення технологічного оснащення рухомих ремонтних засобів, розширення їх функціональних можливостей і пристосування до сучасних умов експлуатації військової техніки [1; 2; 15].

Міжнародні підходи до організації матеріально-технічного забезпечення військ передбачають інтеграцію процесів технічного обслуговування, ремонту, відновлення та логістичної підтримки. У положеннях AJP-4 наголошується на необхідності забезпечення стійкості системи підтримки військ, тоді як ATP 4-33 визначає організаційні засади проведення ремонтних робіт, взаємодії ремонтних підрозділів та підтримання їх готовності [5; 14]. Застосування зазначених підходів до формування тактико-технічних вимог передбачає врахування не лише конструктивних характеристик рухомого засобу ТОіР, а й очікуваного ремонтного навантаження, номенклатури робіт, часових обмежень, мобільності, автономності та доступності необхідних ресурсів.

Нормативну основу розроблення тактико-технічного завдання на створення відповідних зразків озброєння та військової техніки становлять національні стандарти системи керування їх життєвим циклом. Зокрема, ДСТУ В 15.201:2022 визначає загальні вимоги до розроблення тактико-технічного завдання, а взаємопов'язані нормативні документи регламентують стадії життєвого циклу, виконання дослідно-конструкторських робіт, забезпечення надійності та проведення випробувань [22; 23; 24]. Водночас дотримання нормативно встановленої структури тактико-технічного завдання саме по собі не забезпечує обґрунтованості конкретних технічних характеристик майбутнього виробу. Для цього необхідна методична процедура перетворення оперативних потреб ремонтного підрозділу на систему функціональних, технічних та експлуатаційних вимог із визначеними показниками, пороговими значеннями й способами перевірки їх виконання.

Особливого значення набуває обґрунтування функціональної сумісності рухомих засобів ТОіР із різнотипною військовою технікою. Вимоги до діагностичного обладнання, підйомно-транспортних засобів, технологічного оснащення, джерел енергоживлення та комплектів інструментів повинні визначатися з урахуванням фактичного складу парку, характерних несправностей і допустимого рівня виконання ремонтних робіт. Такий підхід дозволяє уникнути як недостатньої функціональності рухомого засобу, так і необґрунтованого збільшення його маси, габаритів, вартості та потреб у логістичному забезпеченні [6; 11].

Важливою методичною проблемою є встановлення співвідношення між обов'язковими та оптимізаційними характеристиками рухомого засобу ТОіР. Виконання критичних вимог щодо

функціональної придатності, безпеки, сумісності, вантажопідйомності та енергозабезпечення не може компенсуватися перевагами за другорядними показниками. Тому під час формування тактико-технічні вимоги доцільно застосовувати некомпенсаційний принцип, за яким кожна критична характеристика повинна відповідати встановленому пороговому значенню незалежно від результатів оцінювання інших характеристик. Подібний підхід використано для пріоритизації наявних рухомих засобів ТОіР [1], однак його застосування на етапі формування вимог до майбутнього виробу потребує окремого методичного обґрунтування.

Отже, наукова проблема дослідження полягає в недостатній методичній визначеності послідовного переходу від оперативних потреб ремонтних підрозділів до обґрунтованих, вимірюваних і перевірюваних тактико-технічних вимог до рухомих засобів ТОіР військової автомобільної та мототехніки. Її розв’язання потребує інтеграції функціонального аналізу, сценарного оцінювання ремонтного навантаження, визначення необхідної ремонтної спроможності, встановлення критичних порогових характеристик і формування процедур верифікації.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні методичного підходу до формування тактико-технічних вимог шляхом поєднання функціональної декомпозиції, сценарного обґрунтування ремонтної спроможності, некомпенсаційної перевірки критичних характеристик і трасованості вимог. На відміну від підходів, орієнтованих переважно на оцінювання та пріоритизацію вже наявних ремонтних засобів, запропонована процедура спрямована на попередню стадію життєвого циклу виробу та забезпечує послідовний перехід від оперативної потреби до функції, вимірюваного показника, порогового значення, правила приймання та методу верифікації.

Огляд літератури

Науково-методичне забезпечення формування тактико-технічних вимог до рухомих засобів ТОіР військової автомобільної та мототехніки ґрунтується на нормативних положеннях системи керування життєвим циклом озброєння та військової техніки, результатах досліджень організації технічного забезпечення військ і сучасних підходах до управління ремонтними спроможностями. Аналіз наявних джерел доцільно здійснювати за трьома взаємопов'язаними напрямами: нормативно-методичне регулювання розроблення тактико-технічного завдання; дослідження функціональних і технічних характеристик рухомих ремонтних засобів; міжнародні підходи до організації технічного обслуговування, ремонту та логістичної підтримки військової техніки.

Перший напрям охоплює національні стандарти системи керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. ДСТУ В 15.201:2022 встановлює загальні вимоги до розроблення тактико-технічного завдання на дослідно-конструкторську роботу, а ДСТУ В 15.004:2022 визначає основні положення щодо стадій життєвого циклу. ДСТУ В 15.203:2023 регламентує виконання дослідно-конструкторських робіт, ДСТУ В 15.206:2023 стосується забезпечення надійності, тоді як ДСТУ В 15.210:2023 і ДСТУ В 15.211:2023 визначають положення щодо випробувань та програм і методик їх проведення [22, 23, 24].

Зазначені нормативні документи формують організаційно-методичну основу встановлення та підтвердження характеристик майбутнього виробу. Водночас вони не замінюють предметного обґрунтування функціональних і технічних параметрів конкретного класу рухомих засобів ТОіР. Зокрема, визначення необхідної номенклатури ремонтних операцій, пропускної спроможності, рівня автономності та сумісності з різнотипною військовою технікою потребує врахування умов застосування, характеристик ремонтного навантаження й ресурсних обмежень. Отже, нормативно встановлена процедура розроблення тактико-технічного завдання повинна доповнюватися методичними інструментами формування його змісту.

Другий напрям представлений українськими дослідженнями, присвяченими технічному забезпеченню військ, удосконаленню рухомих ремонтних засобів і підвищенню ефективності ремонтно-відновлювальних робіт. У дослідженні [25] розглянуто відповідність характеристик наявних рухомих засобів ТОіР сучасним завданням технічного забезпечення та обґрунтовано необхідність оновлення їх технологічного оснащення. Отримані результати підтверджують актуальність удосконалення функціональних можливостей ремонтних майстерень, проте самі по собі не визначають послідовності перетворення оперативних потреб у конкретні тактико-технічні вимоги до нового виробу.

У праці [1] запропоновано підхід до пріоритизації рухомих ремонтних засобів із використанням порогових вимог, показників пропускної спроможності, мобільності, автономності та сценарного оцінювання. Його принциповою особливістю є застосування некомпенсаційної логіки, за якою невідповідність критичній вимозі не може бути компенсована перевагами за іншими характеристиками. Такий підхід є методично значущим для оцінювання придатності та розподілу наявних ремонтних засобів. Однак формування вимог до майбутнього виробу передбачає іншу постановку задачі: необхідно не лише перевірити відповідність заданим характеристикам, а й попередньо обґрунтувати їх перелік, критичність, порогові значення та способи підтвердження.

Дослідження [6] висвітлює значення сучасного діагностичного забезпечення військової автомобільної техніки. Його результати є важливими для визначення вимог до діагностичних засобів, технічної сумісності та інформаційного забезпечення рухомих ремонтних майстерень. У роботі [4] розглянуто можливості цифрового супроводу ремонтно-відновлювальних процесів, що обґрунтовує необхідність урахування електронної технічної документації, інформаційних систем, засобів реєстрації виконаних робіт і доступу до діагностичних даних.

Праці [16; 17] присвячені оцінюванню ефективності системи відновлення військової техніки та організації діяльності ремонтних підрозділів у бойових умовах. У подальшому дослідженні [16] розглянуто взаємодію процесів пошуку, евакуації та ремонту пошкодженої техніки. Сукупність цих результатів свідчить про необхідність розглядати рухомий засіб ТОіР як складову загальної системи відновлення, функціонування якої залежить від узгодженості діагностування, евакуації, ремонтних операцій, контролю якості та повернення техніки до експлуатації.

Разом із тим зазначені дослідження переважно зосереджені на окремих технічних, технологічних або організаційних аспектах ремонтно-відновлювальної діяльності. Їх результати становлять важливу вихідну базу для формування тактико-технічних вимог, однак потребують інтеграції в єдину процедуру, яка пов'язує функціональне призначення рухомого засобу з кількісними показниками його ремонтної спроможності та критеріями приймання.

Третій напрям охоплює міжнародні доктринальні документи й наукові дослідження організації технічного обслуговування, ремонту та логістичної підтримки. У положеннях NATO AJP-4 наголошується на необхідності забезпечення стійкості системи підтримки військ, інтеграції її функціональних складових і здатності адаптуватися до змін оперативної обстановки [14]. Документ ATP 4-33 визначає організаційні засади проведення ремонтних робіт, управління ремонтними процесами, використання технічної документації, забезпечення запасними частинами та взаємодії відповідних підрозділів [5].

Положення Regional Sustainment Framework передбачають розвиток розосереджених спроможностей технічного обслуговування, ремонту та відновлення з наближенням відповідних послуг до місця виникнення потреби [20]. Для формування вимог до рухомих засобів ТОіР ці підходи мають значення насамперед у частині мобільності, автономності, модульності, технологічної сумісності та здатності функціонувати за обмеженої доступності логістичних ресурсів.

Наукові дослідження [13; 30] розкривають взаємозв'язок між умовами експлуатації техніки, її надійністю, діагностуванням і плануванням технічного обслуговування. Ці результати підтверджують доцільність урахування експлуатаційного профілю техніки під час визначення вимог до технологічного оснащення, діагностичних можливостей і ресурсного забезпечення ремонтних засобів.

У дослідженні [19], виконаному із застосуванням дискретно-подієвого моделювання, ремонтну спроможність розглянуто як обмежений ресурс, результативність використання якого залежить від інтенсивності надходження ремонтних заявок і можливостей їх своєчасного виконання. Це положення має безпосереднє методичне значення для розмежування технологічної здатності виконувати окремі ремонтні операції та пропускної спроможності ремонтного засобу за визначений інтервал часу.

Робота [8] висвітлює значення технологій швидкого відновлення та адаптивних ремонтних рішень у військовій сфері. Дослідження [29] додатково розкриває особливості розміщення ремонтно-виробничих спроможностей у віддалених ланцюгах забезпечення. Результати зазначених праць підкреслюють необхідність урахування просторових, часових і ресурсних обмежень під час визначення вимог до рухомих засобів ТОіР.

Порівняльний аналіз розглянутих джерел дозволяє встановити, що наявні нормативні та наукові підходи охоплюють основні складові формування технічних характеристик ремонтних засобів, однак мають різну предметну спрямованість. Нормативні документи визначають загальні правила розроблення та перевірки вимог; дослідження рухомих майстерень і діагностичного обладнання обґрунтовують окремі функціональні характеристики; праці з організації ремонтно-відновлювальних процесів характеризують необхідні спроможності; міжнародні підходи акцентують увагу на стійкості, мобільності та ресурсній забезпеченості системи підтримки.

Результати систематизації джерел наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Взаємозв’язок груп джерел і блоків вимог

Група джерел	Основний внесок	Блоки вимог ТТЗ
Українські стандарти життєвого циклу	Структура ТТЗ, ДКР, надійність, випробування, вартість життєвого циклу	структура документа; надійність; верифікація; приймання
Українські дослідження рухомих засобів ТОіР	Бойовий досвід, функції майстерень, діагностування, алгоритми роботи ремонтних підрозділів	функції; оснащення; спроможність; діагностування; сумісність
Документи НАТО та США з логістичної підтримки	Стійкість, розосереджена підтримка, польове технічне обслуговування, ремонт у місці виникнення потреби	мобільність; автономність; розгортання; взаємосумісність; підтримуваність
Міжнародні дослідження	Надійність виконання завдань, діагностування, швидкий ремонт, обмеження спроможності	ремонтопридатність; пропускна спроможність; інформаційне забезпечення; технологічний резерв

Джерело: узагальнено автором за [1; 2; 13; 14; 19; 22; 24].

Недостатньо розробленим залишається питання інтегрованого методичного обґрунтування тактико-технічних вимог до майбутнього рухомого засобу ТОіР, за якого оперативна потреба ремонтного підрозділу послідовно перетворюється на функціональне завдання, вимірюваний показник, критичне або цільове значення, правило приймання та метод верифікації.

Порівняльну характеристику підходів представлено в таблиці 2.

Таблиця 2. Порівняння відомих підходів і авторського рішення

Підхід / джерело	Об'єкт рішення	Основний інструментарій	Результат	Відмінність від цієї роботи
Нормативні стандарти життєвого циклу	структура та процес створення виробу	нормативна декомпозиція, випробування, приймання	вимоги до форми та підтвердження характеристик	не визначають предметну послідовність виведення вимог для рухомого засобу ТОіР
Дослідження мобільних майстерень і діагностування	наявні засоби та окремі технічні функції	аналіз оснащення, діагностичних і ремонтних можливостей	рекомендації щодо модернізації окремих компонентів	не формують наскрізну матрицю "потреба–поріг–верифікація"
Chereushenko (2026)	наявні ремонтні засоби та їх розподіл	порогова придатність, дефіцит спро-можності, Pareto, лексикографічне порівняння, сценарії	пріоритет забезпечення та повторне ранжування	вирішує задачу пріоритизації після створення/наявності засобів
Авторський підхід	вимоги до майбутнього рухомого засобу	функціональна декомпозиція, сценарії, некомпенсаційні пороги, трасованість, верифікація	пакет вимог тактико-технічного завдання з правилами приймання	переносить порогову логіку на попередню стадію життєвого циклу та формалізує перетворення потреби у перевірювану вимогу

Джерело: розроблено автором; порівняння з [1] виконано за опублікованою методикою пріоритизації рухомих ремонтних засобів.

Вирішення цього питання потребує поєднання функціональної декомпозиції, сценарного аналізу ремонтного навантаження, визначення необхідної ремонтної спроможності, некомпенсаційної перевірки критичних характеристик і документованої трасованості вимог. На відміну від підходів, орієнтованих на оцінювання наявних засобів або окремих технологічних компонентів, запропоноване дослідження спрямоване на формування взаємопов'язаної системи вимог на попередній стадії життєвого циклу виробу.

Таким чином, результати аналізу нормативних документів і наукових праць становлять теоретико-методичну основу для обґрунтування процедури формування тактико-технічних вимог до рухомих засобів ТОіР військової автомобільної та мототехніки.

Методологія дослідження

Дослідження має теоретико-методичний характер і спрямоване на удосконалення методичного підходу до формування тактико-технічних вимог до рухомих засобів ТОіР військової автомобільної та мототехніки. Методологічну основу становить комплексне застосування системного, процесного та функціонального підходів, сценарного аналізу, методів кількісного оцінювання ремонтної спроможності, некомпенсаційної перевірки критичних характеристик і трасування вимог.

Застосування системного підходу передбачає розгляд рухомого засобу ТОіР як функціонального елемента системи технічного забезпечення військ, результативність якого визначається взаємодією ремонтних підрозділів, технологічного обладнання, персоналу, матеріальних ресурсів та інформаційного забезпечення. Це дозволяє встановити взаємозв'язок між оперативними потребами підрозділів і характеристиками майбутнього виробу, а також визначити зовнішні та внутрішні обмеження його функціонування.

Процесний підхід використано для декомпозиції циклу відновлення військової техніки на взаємопов'язані операції: виявлення несправності, технічне діагностування, підготовку до ремонту, виконання ремонтних робіт, контроль їх якості та повернення техніки до експлуатації. Для кожної операції встановлюються необхідні функції рухомого засобу, технологічні ресурси, часові обмеження та очікувані результати. Така декомпозиція забезпечує формування вимог відповідно до фактичного змісту ремонтно-відновлювальних процесів, а не лише до наявної номенклатури обладнання.

Функціональний аналіз застосовано для визначення складу робіт, які повинен виконувати рухомий засіб ТОіР відповідно до його призначення та рівня ремонтного забезпечення. На цій основі встановлюються вимоги до технологічного оснащення, діагностичних засобів, робочих місць, джерел енергоживлення, підйомно-транспортного обладнання та інформаційних систем. При цьому розмежовуються обов'язкові функції, функції, необхідність яких залежить від умов застосування, і роботи, що мають виконуватися на іншому рівні ремонту.

Сценарний аналіз використано для врахування мінливості умов застосування рухомих засобів ТОіР. Сценарії формуються з урахуванням складу підтримуваного парку техніки, інтенсивності надходження ремонтних заявок, характеру несправностей, доступного часу, віддаленості від стаціонарних ремонтних об'єктів, умов переміщення та ресурсних обмежень. Для обґрунтування критичних характеристик передбачається розгляд щонайменше базового та несприятливого сценаріїв, що дозволяє оцінити достатність ремонтної спроможності за різних умов навантаження.

Кількісне обґрунтування ремонтної спроможності здійснюється шляхом визначення потреби в продуктивній праці, необхідної пропускної здатності та рівня завантаження ремонтних процесів. Трудова потужність характеризує доступний обсяг продуктивної праці за одиницю календарного часу, тоді як пропускна здатність відображає кількість завершених ремонтних робіт або заявок за відповідний інтервал. Розмежування цих показників необхідне для запобігання ситуації, коли достатня кількість людино-годин помилково ототожнюється зі здатністю своєчасно виконати весь потік ремонтних завдань. Відповідні розрахункові співвідношення наведено в розділі “Результати дослідження”.

Для визначення критичних характеристик застосовано некомпенсаційний підхід, відповідно до якого кожна обов’язкова вимога перевіряється незалежно від інших показників. До таких вимог можуть належати функціональна сумісність із підтримуваною технікою, безпека виконання робіт, достатня вантажопідйомність, енергозабезпечення, базова мобільність та інші характеристики, невиконання яких унеможливлює використання рухомого засобу за призначенням. Невідповідність хоча б одній критичній вимозі не може компенсуватися перевагами за вартістю, ергономікою або додатковими функціональними можливостями.

Водночас застосування некомпенсаційного підходу не усуває необхідності обґрунтування критичності вимог і встановлення їх порогових значень. Для кожної критичної характеристики передбачається визначення джерела вихідних даних, одиниці вимірювання або однозначної ознаки відповідності, допустимого діапазону значень, методу перевірки та правила приймання. Порогові значення мають установлюватися на основі нормативних вимог, фактичного складу парку техніки, статистики несправностей, трудомісткості ремонтних операцій, результатів

випробувань і сценарних обмежень. За недостатності емпіричних даних допускається використання структурованих експертних оцінок із документуванням вихідних припущень.

Метод трасування вимог застосовано для забезпечення документованого зв'язку між оперативною потребою, функціональним призначенням рухомого засобу, технічною характеристикою, пороговим значенням і способом підтвердження відповідності. Для кожної вимоги формується послідовність “оперативна потреба — функція — показник — порогове значення — правило приймання — метод верифікації — джерело вихідних даних”. Така послідовність дозволяє встановити обґрунтованість включення конкретної характеристики до тактико-технічного завдання, а також забезпечити її подальшу перевірку під час випробувань.

Верифікація вимог передбачає встановлення відповідності фактичних характеристик виробу положенням тактико-технічного завдання шляхом аналізу документації, вимірювання, функціональних перевірок, демонстрацій і випробувань. Водночас підтвердження відповідності встановленим вимогам не є тотожним підтвердженню експлуатаційної придатності виробу для виконання визначених завдань. Остання потребує окремого оцінювання в репрезентативних умовах застосування з урахуванням реального ремонтного навантаження та ресурсних обмежень.

Порівняльний аналіз використано для зіставлення положень української нормативної системи керування життєвим циклом озброєння та військової техніки із сучасними підходами НАТО і США до організації технічного обслуговування, ремонту та логістичної підтримки. Результати порівняння враховано під час формування груп вимог до мобільності, автономності, надійності, ремонтопридатності, підтримуваності та інформаційного забезпечення рухомих засобів ТОіР.

Послідовність реалізації запропонованого методичного підходу охоплює визначення оперативного контексту застосування рухомого засобу, аналіз складу підтримуваного парку техніки, формування номенклатури ремонтних робіт, оцінювання необхідної ремонтної спроможності, визначення функціональних і технічних характеристик, установлення критичних порогових значень, формування процедур верифікації та документування результатів у структурі тактико-технічного завдання. Кожний наступний етап ґрунтується на результатах попереднього, що забезпечує послідовність і простежуваність прийнятих технічних рішень.

Вихідними даними для реалізації методичного підходу є оперативний контекст застосування рухомого засобу, характеристики парку військової автомобільної та мототехніки, номенклатура типових несправностей і ремонтних операцій, показники трудомісткості, часові та ресурсні обмеження, а також вимоги до проведення випробувань і приймання. Їх систематизовано в таблиці 3.

Таблиця 3. Мінімальний набір вихідних даних для обґрунтування вимог

Вихідні дані	Зміст	Вплив на вимоги ТТЗ
Оперативний контекст	рівень підрозділу, відстань до вузлів підтримки, загрози й умови місцевості	мобільність, розгортання, живучість, автономність
Парк техніки, що підтримується	типи, кількість, маса й габарити, діагностичні інтерфейси, напруга, шини, технічні рідини	сумісність, підіймальні засоби, діагностування, адаптери, витратні матеріали
Навантаження ТОіР	типові відмови, операції ТОіР, трудомісткість, періодичність	робочі місця, інструменти, пропускна спроможність, персонал
Часові обмеження	допустимий простій, ремонтні вікна, час передислокації	пропускна спроможність, час розгортання та згортання

Вихідні дані	Зміст	Вплив на вимоги ТТЗ
Ресурсні обмеження	персонал, електроживлення, вода, пальне, запасні частини, зв’язок	автономність і підтримуваність
База верифікації	умови випробувань, засоби вимірювання, правила приймання	методи випробувань і вимірювані критерії приймання

***Джерело**:* розроблено автором на основі [1; 5; 6; 22; 24].

Методичними обмеженнями дослідження є залежність обґрунтованості сформованих вимог від повноти та достовірності вихідних даних, репрезентативності розглянутих сценаріїв і коректності встановлення критичних порогових значень. Запропоновані математичні співвідношення призначені для формалізації процесу визначення вимог і не встановлюють універсальних числових нормативів для всіх типів рухомих засобів ТОіР.

Дослідження не передбачає експериментального підтвердження ефективності конкретної конфігурації рухомого засобу. Наведений у статті розрахунковий приклад має ілюстративний характер і використовується для демонстрації послідовності застосування запропонованого підходу. Подальша емпірична перевірка потребує використання фактичних експлуатаційних даних і результатів випробувань.

Результати дослідження

1. Принципи формування тактико-технічного завдання на рухомий засіб ТОіР

За результатами систематизації нормативних положень, наукових підходів і функціональних особливостей рухомих засобів ТОіР військової автомобільної та мототехніки визначено шість взаємопов'язаних принципів формування тактико-технічних вимог: функціональної обумовленості, сценарної достатності, некомпенсаційності критичних вимог, вимірюваності, урахування життєвого циклу та попереднього визначення способів верифікації.

Зазначені принципи формують методичну основу послідовного переходу від оперативних потреб ремонтних підрозділів до обґрунтованих характеристик майбутнього виробу та критеріїв підтвердження їх відповідності встановленим вимогам.

Перший принцип – функціональна обумовленість вимог. Його сутність полягає у встановленні безпосереднього зв’язку між призначенням рухомого засобу ТОіР, номенклатурою ремонтних робіт і характеристиками необхідного технологічного оснащення. Кожна вимога до обладнання, конструктивного виконання або допоміжних систем повинна випливати з конкретної функції, яку має забезпечувати рухомий засіб відповідно до завдань ремонтного підрозділу.

Застосування цього принципу передбачає попереднє визначення складу підтримуваної техніки, характерних несправностей, допустимого рівня ремонту та технологічних операцій. На цій основі обґрунтовуються необхідність включення обладнання до складу рухомого засобу, його технічні характеристики й умови використання. Такий підхід дозволяє уникнути як функціональної недостатності ремонтної майстерні, так і надмірного комплектування обладнанням, яке не відповідає визначеним завданням.

Другий принцип – сценарна достатність. Він передбачає формування та перевірку тактико-технічних вимог з урахуванням різних умов застосування рухомого засобу ТОіР. Сценарії повинні відображати склад і кількість підтримуваної техніки, інтенсивність надходження ремонтних заявок, характер несправностей, доступний час виконання робіт, умови переміщення та ресурсні обмеження.

Для оцінювання достатності характеристик доцільно використовувати щонайменше базовий і несприятливий сценарії. Базовий сценарій характеризує очікувані умови

функціонування ремонтного підрозділу, тоді як несприятливий передбачає підвищення ремонтного навантаження, скорочення доступного часу або обмеження ресурсного забезпечення. Порогові значення критичних характеристик мають визначатися з урахуванням необхідності забезпечення функціональної придатності рухомого засобу в межах установленого замовником набору сценаріїв.

Третій принцип – некомпенсаційність критичних вимог. Його зміст полягає в обов'язковому виконанні кожної характеристики, невідповідність якій унеможливлює або істотно обмежує застосування рухомого засобу ТОіР за призначенням. До таких характеристик належать функціональна сумісність із підтримуваною технікою, безпека виконання робіт, достатня вантажопідйомність, можливість енергозабезпечення технологічного обладнання, базова мобільність та інші параметри, визначені замовником як критичні.

На відміну від компенсаційних підходів, за яких недоліки одних характеристик можуть урівноважуватися перевагами інших, некомпенсаційний принцип передбачає незалежну перевірку кожної обов'язкової вимоги. Невиконання хоча б однієї критичної характеристики є підставою для визнання відповідної конфігурації непридатною до подальшого оцінювання без усунення встановленої невідповідності.

Застосування цього принципу дозволяє запобігти прийняттю технічних рішень, за яких нижча вартість, кращі ергономічні характеристики або додаткові функціональні можливості використовуються для обґрунтування допустимості невиконання критичних вимог.

Четвертий принцип – вимірюваність і однозначність вимог. Відповідно до нього кожна тактико-технічна вимога повинна бути сформульована таким чином, щоб забезпечувати можливість об'єктивного встановлення її виконання. Для цього необхідно визначити відповідний показник, одиницю вимірювання або однозначну ознаку відповідності, допустимі межі значень та умови проведення перевірки.

Наприклад, загальне формулювання “забезпечувати швидке розгортання” не дозволяє однозначно встановити відповідність виробу вимогам замовника. Натомість вимога щодо максимально допустимого часу розгортання за визначеної чисельності екіпажу, комплектності обладнання та встановлених умов випробування створює можливість об'єктивного підтвердження відповідної характеристики.

Реалізація принципу вимірюваності зменшує неоднозначність трактування положень тактико-технічного завдання замовником, розробником і випробувальною організацією та формує основу для подальшого встановлення критеріїв приймання.

П'ятий принцип — урахування життєвого циклу. Він передбачає визначення вимог до рухомого засобу ТОіР з урахуванням не лише його створення та придбання, а й подальшої експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, модернізації та завершення використання.

Під час формування тактико-технічного завдання необхідно враховувати потреби в запасних частинах, витратних матеріалах, технічній документації, калібруванні вимірювального обладнання, оновленні програмного забезпечення, підготовці персоналу та організації сервісної підтримки. Відповідні положення узгоджуються з підходами до оцінювання вартості життєвого циклу, передбаченими нормативними документами системи керування життєвим циклом озброєння та військової техніки [12; 23].

Урахування життєвого циклу дозволяє уникнути ситуації, коли технічно придатна на момент приймання конфігурація виявляється надмірно ресурсомісткою або недостатньо підтримуваною протягом подальшої експлуатації.

Шостий принцип – попереднє визначення способів верифікації. Його сутність полягає у встановленні методів підтвердження відповідності одночасно з формуванням тактико-технічних вимог, а не після завершення розроблення дослідного зразка.

Для кожної характеристики необхідно визначити спосіб перевірки, умови її проведення, необхідні засоби вимірювання та правило приймання. Залежно від характеру

вимоги можуть застосовуватися аналіз технічної документації, інструментальні вимірювання, функціональні перевірки, демонстрації або випробування.

Попереднє визначення способів верифікації забезпечує узгодженість між змістом тактико-технічного завдання, програмами випробувань і критеріями приймання, а також зменшує ризик включення до документа характеристик, підтвердження яких є технічно неможливим або методично невизначеним.

Сукупне застосування зазначених принципів забезпечує формування взаємопов'язаної системи вимог, у якій функціональне призначення рухомого засобу визначає необхідні технічні характеристики, сценарії застосування – їх достатність, некомпенсаційна логіка – обов'язковість виконання критичних параметрів, а вимірюваність і верифікація – можливість об'єктивного підтвердження відповідності.

З урахуванням зазначеного вимоги до рухомого засобу ТОіР доцільно систематизувати за рівнями пріоритетності, наведеними в таблиці 4.

Таблиця 4. Ієрархія вимог до рухомого засобу технічного обслуговування і ремонту

Рівень пріоритетності	Група вимог	Правило прийняття рішення
I. Обов'язкова придатність	Критичні функції, сумісність, безпека, базова мобільність, сумісність електроживлення	Усі критичні порогові вимоги повинні бути виконані
II. Експлуатаційна достатність	Пропускна спроможність, час ремонту, розгортання та згортання, автономність	Характеристики повинні забезпечувати визначений набір сценаріїв
III. Надійність і підтримуваність	Надійність, ремонтопридатність, діагностування, калібрування, запасні частини, документація	Вимоги повинні забезпечувати функціонування протягом установленого життєвого циклу
IV. Оптимізаційні характеристики	Ергономіка, варіанти модульності, вартість життєвого циклу, додаткові цифрові функції	Оптимізація здійснюється після виконання обов'язкових вимог рівнів I–III

Джерело: розроблено автором із використанням порогової некомпенсаційної логіки [1] для задачі формування та верифікації вимог.

Запропонована ієрархія дозволяє розмежувати характеристики, невиконання яких унеможливлює застосування рухомого засобу за призначенням, і параметри, за якими допускається порівняння альтернативних технічних рішень. Водночас належність конкретної характеристики до певного рівня має визначатися з урахуванням призначення рухомого засобу, умов його застосування та обґрунтованих вимог замовника.

2. Структура функціональних вимог

Функціональна частина тактико-технічного завдання повинна починатися не з переліку інструменту, а з номенклатури робіт. Для рухомого засобу ТОіР військової автомобільної та мототехніки доцільно виділяти щонайменше: технічне діагностування; регламентні роботи; демонтаж і монтаж агрегатів; слюсарно-механічні операції; електротехнічні роботи; ремонт електронних і кабельних систем у межах дозволеного рівня; зварювальні та різальні роботи; шиномонтаж; заряджання й обслуговування акумуляторних батарей; підйомно-транспортні операції; локальне відновлення пошкоджених елементів; контроль якості ремонту; інформаційний супровід і оформлення результатів.

Номенклатура робіт має розподілятися на обов'язкові, умовно-обов'язкові та такі, що передаються на вищий рівень ремонту. Наприклад, наявність сучасних засобів діагностування може бути обов'язковою для всіх конфігурацій, тоді як конкретний вид механічної обробки залежить від ролі підрозділу. Для мототехніки окремо слід передбачати пристосування для фіксації, підйому, роботи з малогабаритними колесами, електричними системами, ланцюговими/ремінними приводами та, за наявності електромотоциклів, безпечної роботи з високовольтними компонентами. Конкретний склад визначається не за принципом "максимальної універсальності", а за реальною номенклатурою підтримуваної техніки.

Критичною є сумісність. У тактико-технічному завданні доцільно окремо задавати діапазон мас і габаритів машин, допустиме навантаження на підйомні засоби, типи електроживлення, діапазони тиску пневматичних систем, перелік діагностичних протоколів та інтерфейсів, типорозміри коліс і шин, номенклатуру мастильних матеріалів і технічних рідин. Саме ці характеристики перетворюють абстрактну "універсальність" на перевірювану технічну вимогу [6; 11].

Таблиця 5. Рекомендовані функціональні вимоги та логіка верифікації

Функція	Що слід визначити у ТТЗ	Верифікація
Діагностування	підтримувані групи техніки, інтерфейси, вимірювані параметри, порядок оновлення баз даних	функціональна перевірка на репрезентативній вибірці техніки
Механічний ремонт	операції, максимальні габарити/маса складників, потрібна точність	демонстрація та вимірювання під час виконання тестового завдання
Електротехнічний ремонт	діапазони напруги, вимірювальні прилади, можливість ремонту кабелів/з'єднувачів	контрольоване внесення несправності та відновлення
Зварювання/різання	процеси, діапазон матеріалів/товщини, вимоги до живлення та вентиляції	випробування контрольних зразків / репрезентативне ремонтне завдання
Обслуговування шин	діапазон типорозмірів коліс/шин, можливість розбортування та накачування	випробування на репрезентативному колесі
Підіймально-транспортні операції	номінальна вантажопідйомність, виліт, стійкість, точки кріплення	статичне/динамічне випробування навантаженням
Контроль якості	післяремонтні перевірки та реєстрація результатів	перевірка повторюваності та аудит документації

Джерело: розроблено автором на основі [1; 2; 5; 6; 15].

3. Обґрунтування ремонтної спроможності

Наявність технологічної операції не тотожна здатності своєчасно обробити очікуваний потік ремонтних заявок. Тому в тактико-технічному завданні доцільно одночасно контролювати трудову потужність і фактичну пропускну здатність за завершеними роботами. Для *j*-го виду робіт у сценарії *s* сумарна потреба в праці становить $N_{j,s} \cdot \tau_j$, де $N_{j,s}$ – очікувана кількість робіт за інтервал, а τ_j – середня трудомісткість однієї роботи, люд.-год. Необхідна трудова потужність визначається за найбільш напруженим обов'язковим сценарієм за формулою 1:

$$H_{req,j} = max_{s \in S} \frac{N_{j,s} \cdot \tau_j}{T_s} \quad (1)$$

де $H_{req,j}$ – потрібна ефективна трудова потужність для *j*-го виду робіт, люд.-год/год;
T_s – доступний календарний час у сценарії *s*, год;
$q_{req,j}$ – кількість завершених робіт;

Паралельно визначається потрібна пропускна здатність $q_{req,j} = max_{s \in S} \frac{N_{j,s}}{T_s}$, робіт/год. Отже, показник $H_{req,j}$ характеризує трудове навантаження, а $q_{req,j}$ – кількість завершених робіт; вони не є взаємозамінними.

Для конкретної конфігурації доступні значення $H_{av,j}$ і $q_{av,j}$ мають встановлюватися за результатами валідованих виробничих даних або сценарного випробування. Коефіцієнт завантаження доцільно визначати за гіршим із двох співвідношень за формулою 2:

$$\rho_j = max\{\frac{H_{req,j}}{H_{av,j}}; \frac{q_{req,j}}{q_{av,j}}\} \quad (2)$$

Значення $\rho_j \leq 1$ означає, що конфігурація одночасно забезпечує потрібну трудову потужність і пропускну здатність. Якщо $\rho_j > 1$, відповідний процес є вузьким місцем. Такий запис усуває неоднозначність, коли величина у люд.-год/год помилково інтерпретується як кількість завершених ремонтів. Резерв спроможності доцільно підтверджувати не довільним коефіцієнтом запасу, а окремим несприятливим сценарієм із вищою інтенсивністю заявок, скороченим доступним часом або частковою втратою ресурсів [1; 15].

Важливо, що формула (1) не визначає кількість майстерень або персоналу автоматично. Вона задає мінімальну потребу в спроможності, після чого конструкторське рішення може реалізувати її різними способами. Це залишає розробнику технічну свободу, але зберігає для замовника контроль над результатом.

4. Часова вимога та доцільність польового відновлення

Порівняння польового і стаціонарного відновлення має охоплювати повний цикл недоступності техніки, а не лише чистий технологічний час ремонту. Для *j*-го виду робіт часову перевагу польового відновлення доцільно визначати як різницю між повним альтернативним циклом і повним польовим циклом за формулою 3:

$$\Delta T_j = T_{alt,j} - T_{field,j} \quad (3)$$

де $T_{alt,j}$ – повний час альтернативного відновлення, включаючи очікування, евакуацію, ремонт і повернення;
$T_{\text{field},j}$ – повний час виконання роботи рухомим засобом на місці або поблизу підрозділу.

У складі $T_{alt,j}$ мають враховуватися, залежно від сценарію, очікування евакуації, сама евакуація, черга на ремонт, очікування запасних частин, технологічний ремонт, контроль якості та повернення машини. У $T_{field,j}$ включаються очікування мобільної ремонтної спроможності, розгортання, очікування матеріалів, ремонт і контроль. Позитивне ΔT_j свідчить про часову перевагу польового варіанта, але не є достатньою умовою включення операції до функціоналу: одночасно мають виконуватися вимоги безпеки, якості, доступності матеріалів і допустимого рівня ремонту [14; 18]. Проте цей показник дозволяє обґрунтовано відокремити операції, для яких мобільна спроможність реально скорочує простій, від робіт, які доцільніше централізувати.

5. Мобільність, автономність і конструктивне виконання

Вимоги до базового шасі повинні випливати з маршруту та способу застосування, а не з доступності конкретної марки автомобіля. Доцільно встановлювати категорії доріг і місцевості, мінімальну вантажопідйомність з урахуванням повної комплектації, допустиме навантаження на осі, запас ходу, можливість буксирування, габаритні обмеження, кліматичний діапазон, вимоги до подолання підйомів і бродів – лише ті, що дійсно потрібні

для заданого профілю застосування. AJP-4 та сучасні підходи до distributed sustainment підкреслюють, що ремонтна спроможність повинна переміщуватися разом із підтримуваними силами та не створювати надмірного логістичного навантаження [5; 14].

Автономність доцільно декомпозувати на енергетичну, матеріальну, інформаційну та побутову. Енергетична автономність охоплює власне джерело електроживлення, його потужність і якість електроенергії, запас пального, заземлення, захист і можливість резервного живлення. Матеріальна – запас витратних матеріалів, типових кріплень, електротехнічних компонентів, зварювальних матеріалів, технічних рідин і засобів очищення. Інформаційна – доступ до актуальної документації, діагностичних баз, схем, каталогів і журналів робіт у разі нестійкого зв'язку. Побутова – умови безпечної роботи персоналу протягом заданої тривалості.

Модульність слід задавати не як самоціль, а як архітектурну вимогу. Базова платформа може містити універсальні системи – енергоживлення, освітлення, верстак, засоби зв'язку, пожежогасіння – та змінні функціональні модулі: діагностичний, електротехнічний, зварювальний, шиномонтажний, механічний, мотоциклетний. Така архітектура дає змогу адаптувати засіб до складу підрозділу, але потребує стандартизованих інтерфейсів кріплення, живлення, вентиляції та інформаційного обміну. Практика сучасних рухомих майстерень також свідчить про доцільність модульного підходу [1].

Таблиця 6. Рекомендовані вимоги до мобільності, розгортання й автономності

Сфера вимог	Параметри, що підлягають встановленню	Спосіб верифікації
Мобільність	категорії доріг/місцевості, повна маса, навантаження на осі, запас ходу, здатність долати підйоми, буксирування	дорожні та польові випробування за визначеного навантаження
Розгортання	чисельність екіпажу, час розгортання/згортання, вирівнювання, опори, зовнішні підключення	повторне випробування розгортання з хронометруванням
Енергетична автономність	тривала/пікова потужність, якість напруги/частоти, запас пального, резервне підключення	випробування на навантажувальному стенді та функціональна перевірка
Матеріальна автономність	витратні матеріали та типові запасні частини для визначеного навантаження	аудит комплектності та сценарне завдання
Інформаційна автономність	документація офлайн, діагностичні дані, порядок оновлення, журналювання	сценарне випробування за відсутності мережі
Умови довкілля	температура, опади, пил, освітлення, вентиляція	кліматичні/експлуатаційні випробування за застосовності

Джерело: розроблено автором на основі [5; 14; 20].

6. Надійність, ремонтопридатність і підтримуваність

Рухомий засіб технічного обслуговування і ремонту сам є ремонтопридатним технічним об'єктом, відмова якого зменшує спроможність відновлювати іншу техніку. Тому вимоги до надійності потрібно задавати для системи в цілому та для критичних підсистем – енергоживлення, компресорного обладнання, підйомних засобів, діагностичного комплексу та інформаційної інфраструктури [7; 25].

За умови відновлюваного об'єкта, стаціонарного режиму спостереження, статистично репрезентативних даних про відмови й відновлення та відсутності в розрахунку логістичних і адміністративних затримок може застосовуватися коефіцієнт внутрішньої готовності за формулою 4:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

де A_i – внутрішня готовність;
MTBF – середній час між відмовами;
MTTR – середній активний час відновлення.

Цей вираз не враховує автоматично очікування запасних частин, доставку персоналу, адміністративні затримки, калібрування або інші логістичні простої. Якщо такі складові істотні, у тактико-технічному завданні потрібно додатково задавати показник оперативної готовності або максимальний сумарний час простою з чітко визначеними межами системи й правилами обліку затримок.

Для тактико-технічного завдання рухомої майстерні більш репрезентативним може бути коефіцієнт оперативної готовності, який у знаменнику додатково враховує середній логістичний і адміністративний простій за формулою 5:

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \quad \text{де } MDT = MTTR + MLDT + MADT \quad (5)$$

де $MTBM$ – середній час між подіями технічного обслуговування;
MDT – середній сумарний простій;
$MLDT$ – логістична затримка;
$MADT$ – адміністративна затримка.

Межі системи, профіль роботи та перелік функціональних відмов мають бути визначені в тактико-технічному завданні. Окремі пороги встановлюють для критичних підсистем, щоб загальний показник не приховував ненадійність генератора, компресора або інформаційного вузла.

Ремонтопридатність слід відображати також конструктивними вимогами: доступністю вузлів, модульною заміною блоків, уніфікацією роз'ємів і кріплень, діагностованістю власних систем, маркуванням, безпечним відключенням енергії та регламентованим калібруванням. Підтримуваність доповнює ці вимоги доступністю документації, запасних частин, програмного забезпечення, навчання й сервісної інфраструктури протягом життєвого циклу.

7. Інформаційне забезпечення та цифрова сумісність

Сучасний рухомий засіб ТОіР повинен розглядатися як інформаційно-технічний вузол. Для різнотипного парку особливого значення набувають актуальні електричні схеми, каталоги запасних частин, технологічні карти, діагностичні процедури, програмне забезпечення та історія ремонту. У праці [4] показують можливості цифрового супроводу ремонтно-відновлювальних робіт, а у праці [30] пов'язують діагностичну стратегію з логістикою експлуатації та інформаційними технологіями.

У тактико-технічному завданні доцільно встановити вимоги до захищеного робочого місця, локального сховища документації, резервного копіювання, журналювання виконаних робіт, версійності технічних даних, оновлення діагностичних баз і розмежування доступу. Для умов нестійкого зв'язку критична документація повинна бути доступною офлайн. Водночас конкретні вимоги кіберзахисту мають визначатися відповідними нормативними документами замовника; ця стаття не встановлює рівні секретності або криптографічні засоби.

Цифрова сумісність має бути предметом випробувань. Недостатньо вказати "наявність діагностичного сканера" – необхідно перевірити роботу з репрезентативним набором машин, читання параметрів, кодів несправностей, виконання дозволених сервісних процедур та оновлення програмного забезпечення. Якщо частина функцій залежить від зовнішнього сервера або ліцензії виробника, це повинно бути відображено в обмеженнях експлуатації та вартості життєвого циклу.

Таблиця 7. Вимоги до інформаційного забезпечення рухомого засобу

Вимога	Рекомендований зміст ТТЗ	Верифікація
Технічні дані	настанови, електричні схеми, каталоги, технології ремонту, керування версіями	перевірка повноти документації та аудит версій
Діагностичне програмне забезпечення	підтримувані протоколи/платформи, умови оновлення й ліцензування	функціональна перевірка на репрезентативному парку техніки
Журнали ремонту	мінімальний набір даних, часові позначки, коди несправностей і дій, формат експорту	контрольне замовлення-наряд та експорт даних
Автономна робота	критично важливі документи та інструменти доступні без зовнішньої мережі	сценарій відсутності мережі
Керування доступом	ролі, автентифікація, журналювання, правила використання змінних носіїв	перевірка конфігурації безпеки
Резервне копіювання/відновлення	періодичність резервного копіювання, порядок відновлення, захищене сховище	контрольоване випробування відновлення

Джерело: розроблено автором на основі [4; 6; 30].

8. Некомпенсаційна перевірка відповідності вимогам

Множина обов'язкових вимог B формується на підставі нормативів безпеки, функціональної необхідності, сумісності з визначеним парком, сценарних обмежень і критичних ресурсних умов. Для кожної k-ї вимоги до включення в B фіксуються: показник x_k; поріг ϑ_k або однозначна категоріальна умова; напрям нерівності; допустима похибка вимірювання; метод v_k і умови верифікації; джерело вихідних даних. Вимога вважається виконаною лише після проведення передбаченої процедури перевірки за формулою 6.

$$D = \wedge_{k=1}^{m} b_k, b_k \in \{0,1\} \quad (6)$$

де $b_k = 1$ – якщо k-та обов'язкова вимога виконана за встановленим правилом приймання;

$b_k = 0$ – якщо не виконана;

$D = 1$ – допускає конфігурацію до подальшого порівняння.

Перевагою такої логіки є неможливість компенсувати критичну невідповідність кращими другорядними характеристиками. Водночас некомпенсаційність не усуває суб'єктивності на етапі визначення критичності й порогів. Для її зменшення потрібні документована трасованість, використання емпіричних даних, структуроване експертне узгодження за недостатності даних і аналіз чутливості результату до зміни порогів.

9. Вартість життєвого циклу як обмеження після підтвердження технічної придатності

Вартість життєвого циклу доцільно порівнювати лише для альтернатив, які пройшли обов'язкові технічні пороги. Для коректного зіставлення мають бути однаковими горизонт оцінювання H, базовий рік цін, режим експлуатації, склад витрат і ставка дисконтування r. Якщо оцінювання виконується у постійних цінах відповідно до затвердженої методики, ставка та правила приведення повинні застосовуватися узгоджено з цією методикою [12; 25]. Для порівняння альтернатив у загальному вигляді можна використовувати дисконтовану структуру за формулою 7:

$$C_{LC} = C_{concept} + C_{dev} + C_{prod} + \sum_{t=1}^{H} \frac{C_{use,t} + C_{support,t}}{(1+r)^t} + \frac{C_{disposal}}{(1+r)^H} \quad (7)$$

де $C_{concept}, C_{dev}, C_{prod}$ – витрати на задум, розроблення та виробництво/придбання;
$C_{use,t}, C_{support,t}$ – експлуатаційні та підтримувальні витрати у році t;
$C_{disposal}$ – витрати на вилучення;
H – горизонт оцінювання;
r – ставка дисконтування.

Для практичного застосування склад витрат і правила приведення повинні відповідати чинній методиці замовника. Така постановка унеможливлює порівняння альтернатив із різними горизонтами або непорівнянним складом витрат.

10. Послідовність розроблення тактико-технічного завдання

На основі отриманих результатів запропоновано восьмиетапну послідовність. Її відмінність від простого заповнення типової структури тактико-технічного завдання полягає в тому, що кожний етап формує вхідні дані для наступного, а завершальна перевірка повертає вимоги на уточнення, якщо для них не визначено спосіб підтвердження або вони не забезпечені вихідними даними.

Таблиця 8. Восьмиетапна послідовність формування вимог

Етап	Зміст	Результат
1. Оперативний контекст	рівень підрозділу, парк техніки, місцевість, загрози, відстані, концепція підтримки	набір сценаріїв *S*
2. Декомпозиція навантаження	завдання ТОіР, відмови, трудомісткість, періодичність	набір завдань J та дані про навантаження
3. Критичні пороги	безпека, сумісність, навантаження, живлення, обов’язкові функції	набір обов’язкових вимог *B*
4. Обґрунтування спроможності	потрібна пропускна спроможність, вузькі місця, ремонтні вікна	$H_{req,j}$, $q_{req,j}$ та вимоги до ремонтної спроможності
5. Мобільність і автономність	переміщення, розгортання, живлення, витратні матеріали, інформаційна автономність	вимоги до мобільності й автономності
6. Надійність/підтримуваність	готовність, ремонто-придатність, калібрування, запасні частини, документація	вимоги до підтримки життєвого циклу
7. Проєктування верифікації	метод і умови випробувань, засоби вимірювання, правило приймання для кожної вимоги	матриця «вимога — верифікація»
8. Перевірка узгодженості	усунення суперечностей, дублювань, неперевірюваних або необґрунтованих вимог	остаточний пакет вимог ТТЗ

Джерело: розроблено автором на основі [1; 5; 22; 24; 26].

11. Єдина класифікація вимог і матриця трасованості

Для уникнення структурних розбіжностей у всіх елементах дослідження використовується однакова класифікація дев’яти груп вимог: 1) призначення та функції; 2) сумісність; 3) ремонтна спроможність і часові показники; 4) технологічне оснащення та робочі місця; 5) мобільність і розгортання; 6) автономність; 7) надійність, ремонтопридатність і підтримуваність; 8) інформаційне забезпечення та ергономіка; 9) безпека, верифікація, випробування і приймання. Класифікація деталізує предметну частину тактико-технічного завдання, але не замінює нормативної структури ДСТУ В 15.201:2022.

Трасованість забезпечується матрицею “оперативна потреба – вимога – показник – поріг – метод перевірки – джерело вихідних даних”. Вимога не повинна включатися до остаточного пакета, якщо не встановлено, яку потребу вона закриває, яким показником описується, на чому ґрунтується поріг і яким способом буде підтверджено виконання.

Таблиця 9. Матриця трасованості вимог і верифікації

Оперативна потреба	Вимога	Показник / одиниця	Поріг	Метод верифікації	Джерело даних
Усувати несправності електрообладнання	підтримувати визначені діагностичні інтерфейси	платформи / протоколи	перелік замовника	функціональна перевірка	реєстр парку
Повертати техніку в межах ремонтного вікна	забезпечувати потрібну ремонтну спроможність	$H_{\mathrm{av,j,s}}$; $q_{\mathrm{av,j,s}}$	$H_{\mathrm{av,j,s}} \geq H_{\mathrm{req,j,s}}$; $q_{\mathrm{av,j,s}} \geq q_{\mathrm{req,j,s}}$	сценарне випробування	журнали ремонтів / трудомісткість
Працювати поза стаціонарною базою	забезпечувати автономне живлення	кВт; год	за сценарієм	навантажувальне та польове випробування	баланс потужності
Передислоковуватися разом із підрозділом	відповідати вимогам мобільності	час; запас ходу; умови місцевості	за сценарієм	дорожнє/польове випробування	аналіз маршрутів
Підтримувати справність майстерні	забезпечувати ремонтопридатність критичних підсистем	*MTTR*; час заміни	за програмою надійності	демонстрація відновлення	програма забезпечення надійності

Джерело: розроблено автором; матриця реалізує принцип трасованості та попереднього проєктування верифікації.

12. Ілюстративний приклад застосування методичного підходу

Для демонстрації працездатності підходу розглянуто умовний ремонтний підрозділ, який підтримує парк із 32 одиниць техніки: 20 вантажних автомобілів, 8 легких багатоцільових автомобілів і 4 одиниць мототехніки. Наведені нижче числові дані є виключно ілюстративними та не відображають фактичну статистику конкретної військової частини. Для несприятливого восьмигодинного сценарію прийнято чотири критичні групи робіт: діагностування, електротехнічний ремонт, шинні роботи та механічний ремонт.

Вихідні умовні дані наведено в таблиці. Для кожної групи робіт обчислено потрібну трудову потужність $H_{\mathrm{req,j,}}$ і потрібну пропускну здатність $q_{\mathrm{req,j,}}$. Далі їх порівняно з умовно доступними характеристиками конфігурації $H_{\mathrm{av,j,}}$ і $q_{\mathrm{av,j,}}$ які в реальному проєкті повинні встановлюватися випробуваннями.

Таблиця 10. Ілюстративний розрахунок ремонтної спроможності для восьмигодинного сценарію

Група робіт	*N*, робіт	τ, люд.-год	$H_{\mathrm{req,j}}$ люд.-год/год	$q_{\mathrm{req,j}}$ робіт/год	$H_{\mathrm{av,j}}$ люд.-год/год	$q_{\mathrm{av,j}}$ робіт/год	*ρ*
Діагностування	8	1,0	1,00	1,000	1,20	1,10	0,91
Електротехнічний ремонт	4	1,5	0,75	0,500	1,00	0,60	0,83
Шинні роботи	3	1,2	0,45	0,375	0,60	0,50	0,75
Механічний ремонт	3	2,8	1,05	0,375	1,20	0,40	0,94

Джерело: розраховано автором за умовними даними; значення не є результатами фактичної експлуатації.

Для наведених умов максимальне значення ρ_j становить 0,94 для механічного ремонту, тобто конфігурація формально забезпечує заданий сценарій, але має невеликий резерв у цій групі робіт. Саме ця група повинна першою перевірятися в окремому несприятливому сценарії зі скороченим ремонтним вікном або збільшеним потоком заявок.

Наступний крок — перетворення розрахунку на конкретні формулювання тактико-технічних вимог. Умовні приклади наведено нижче. Вони демонструють логіку формування, а не пропонують універсальні нормативи.

Таблиця 11. Приклад перетворення умовної потреби на положення тактико-технічного завдання

Потреба	Ілюстративна вимога	Показник / поріг	Метод перевірки
Забезпечити механічні ремонти в межах 8 год	ремонтний засіб повинен забезпечувати механічні роботи за заданим сценарієм	$H_{av} \geq 1{,}05$ люд.-год/год та $q_{av} \geq 0{,}375$ робіт/год	восьмигодинне сценарне випробування з реєстрацією завершених робіт
Розгорнути робоче місце після передислокації	час від зупинки до готовності виконувати визначений перелік робіт — не більше 20 хв	$T_{deploy} \leq 20$ хв; екіпаж 3 особи	три повторні розгортання з хронометруванням
Працювати за відсутності зовнішньої мережі	критична документація і діагностичні дані мають бути доступними офлайн	100 % переліку критичних документів, визначених замовником	сценарій відсутності мережі та аудит версій
Підіймати найважчий агрегат із визначеної номенклатури	вантажопідйомність підйомного засобу — не менша за максимальну масу цільового агрегата	≥ 1,2 т для умовного парку	статичне та функціональне випробування за програмою випробувань
Забезпечити автономну роботу протягом ремонтного вікна	власне енергоживлення має підтримувати сценарне навантаження	не менше 8 год за визначеним профілем споживання	навантажувальне випробування з реєстрацією потужності та пального

Джерело: сформовано автором за умовним прикладом; пороги наведено лише для демонстрації процедури.

Обговорення

Запропонований підхід відрізняється від традиційного переліку характеристик тим, що вихідною одиницею формування вимоги є оперативна ремонтна потреба. Одна й та сама потреба може бути реалізована різними конструктивними рішеннями, тому тактико-технічне завдання має фіксувати необхідний результат, умови, поріг і процедуру підтвердження, не звужуючи без потреби конструкторську свободу.

Порівняння з [1] є принциповим для визначення наукової новизни. У попередній роботі об’єктом рішення є вже наявні рухомі ремонтні засоби, а результатом – їх пріоритизація й розподіл між підрозділами; порогова перевірка використовується для відсікання непридатних альтернатив, після чого застосовуються Pareto-домінування, лексикографічне порівняння та повторне ранжування. У цій статті об’єктом є вимоги до майбутнього виробу, а результатом – пакет трасованих і перевірюваних положень тактико-технічного завдання. Отже, спільним відомим елементом є некомпенсаційна порогова логіка, тоді як власний результат полягає у її

вбудуванні в послідовність “потреба — функція — показник — поріг — правило приймання — верифікація” на попередній стадії життєвого циклу.

Водночас некомпенсаційний підхід має обмеження. По-перше, він не усуває суб’єктивності встановлення переліку критичних характеристик і самих порогів. Надмірно жорсткий поріг може відхилити технічно придатну конфігурацію та необґрунтовано збільшити масу, вартість або логістичний слід. По-друге, підхід не ранжує автоматично альтернативи, які однаково виконали всі критичні вимоги; для них потрібна окрема прозора процедура порівняння. По-третє, бінарна логіка може бути менш інформативною для показників, де корисність змінюється поступово, а не стрибкоподібно.

Окремий клас ризиків пов’язаний із конфліктами між вимогами. Збільшення автономності потребує додаткових запасів пального, матеріалів і джерел енергії; розширення технологічного оснащення збільшує масу й габарити; підвищення захищеності може зменшити корисне навантаження та погіршити мобільність. Тому виконання порогів повинно супроводжуватися перевіркою взаємної узгодженості вимог і сценарним аналізом системного ефекту, а не окремим оптимізуванням кожної характеристики.

Невизначеність вихідних даних є ще одним обмеженням. Потоки ремонтних заявок, трудомісткість і доступність запасних частин змінюються залежно від інтенсивності бойових дій і складу парку. За малих вибірок доцільно використовувати інтервальні значення, декілька сценаріїв і аналіз чутливості. Якщо емпіричних даних недостатньо, структуроване експертне судження залишається необхідним, але воно має бути документованим, перевірятися на узгодженість із наявними журналами ремонту та переглядатися після накопичення нових даних.

Підхід може бути менш ефективним на дуже ранній концептуальній стадії, коли ще не визначено склад підтримуваного парку, за швидкої зміни номенклатури техніки або для унікальних робіт, щодо яких немає статистики трудомісткості та валідованих процедур випробувань. У таких умовах результат слід трактувати як початкову гіпотезу вимог, а не як остаточний норматив.

Ілюстративний приклад у розділі “Результати дослідження” підрозділ 12 підтверджує внутрішню працездатність послідовності розрахунків: сценарне навантаження перетворюється на трудову потужність і пропускну здатність, далі – на пороги та процедури приймання. Проте цей приклад не є емпіричною валідацією. Наступним етапом має бути апробація на реальних журналах технічного обслуговування і ремонту та випробуваннях дослідних конфігурацій.

Висновки

1. Удосконалено методичний підхід до формування тактико-технічних вимог на рухомі засоби технічного обслуговування і ремонту. На відміну від підходів до оцінювання та пріоритизації вже наявних засобів, запропонована процедура застосовується до майбутнього виробу та забезпечує послідовне перетворення оперативної потреби на функцію, вимірюваний показник, порогове значення, правило приймання і метод верифікації.

2. Формалізацію ремонтної спроможності уточнено розмежуванням трудової потужності, що вимірюється у люд.-год на одиницю календарного часу, і пропускної здатності, що вимірюється кількістю завершених робіт за одиницю часу. Часову перевагу польового відновлення доповнено складовими очікування, евакуації, черги та забезпечення запасними частинами; для готовності визначено межі застосування співвідношення *MTBF/MTTR*; для вартості життєвого циклу встановлено необхідність однакового горизонту, складу витрат і правил дисконтування.

3. Сформовано єдину класифікацію дев’яти груп вимог: призначення та функції; сумісність; ремонтна спроможність і часові показники; технологічне оснащення та робочі місця; мобільність і розгортання; автономність; надійність, ремонтопридатність і

підтримуваність; інформаційне забезпечення та ергономіка; безпека, верифікація, випробування і приймання. Матриця трасованості забезпечує зв'язок кожної суттєвої вимоги з джерелом вихідних даних і способом підтвердження.

4. На умовному прикладі продемонстровано практичну послідовність застосування підходу від сценарного навантаження до формування окремих положень тактико-технічного завдання. Приклад підтверджує обчислювальну й логічну узгодженість процедури, але не є експериментальною валідацією. Подальші дослідження мають передбачати калібрування порогів за реальними журналами ремонту, оцінювання невизначеності вихідних даних, аналіз чутливості та перевірку вимог на дослідних зразках рухомих ремонтних засобів.

Доступність даних

Дослідження не використовує первинний закритий набір даних. Наведений у розділі "Результати дослідження" підрозділ 12 приклад сформовано на умовних даних виключно для демонстрації методичного підходу. Емпіричне калібрування порогів потребує фактичних журналів технічного обслуговування і ремонту, статистики відмов та результатів випробувань.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Використання штучного інтелекту

Під час підготовки та доопрацювання рукопису застосовувалися інструменти генеративного штучного інтелекту для структурування матеріалу, мовно-стилістичного редагування та технічної підготовки формул і таблиць. Автор самостійно перевірив джерела, математичні співвідношення, наукові положення та висновки і несе повну відповідальність за зміст рукопису.

Список використаних джерел

1. Department of the Army. (2024). ATP 4-33: Maintenance Operations. Washington, DC: Headquarters, Department of the Army. https://cascom.army.mil/asrp/doctrine-pubs.html
2. IEC. (2025). IEC 60300-3-10:2025 Dependability management – Part 3-10: Application guide – Maintainability and maintenance. Geneva: International Electrotechnical Commission. https://webstore.iec.ch/en/publication/65334
3. Ilkström Kravcov A., Rautio S., Vlkovský M., Rodriguez M. H., Khoshnaw F., Šlajs T. (2026). Utilization of Additive Manufacturing for Rapid Repair in Military Applications. Advances in Military Technology, 21(1), 325–344. https://doi.org/10.3849/aimt.02032
4. ISO. (2024). ISO 55000:2024 Asset management – Vocabulary, overview and principles. Geneva: International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/83053.html
5. ISO. (2024). ISO 55001:2024 Asset management – Asset management system – Requirements. Geneva: International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/83054.html
6. Mohril R. S., Solanki B. S., Majumdar J., Lad B. K., Kulkarni M. S. (2024). Novel Selective Maintenance Approach to Ensure Mission Reliability of Armored Vehicles Considering Multiple Deployment Roles in Distinct Operating Profiles. Defence Science Journal, 74(4), 447–459. https://doi.org/10.14429/dsj.74.19370

7. NATO Standardization Office. (2025). AJP-4: Allied Joint Doctrine for Sustainment of Operations. Edition C, Version 1. https://www.gov.uk/government/publications/allied-joint-doctrine-for-sustainment-of-operations-ajp-4
8. Rautio S., Vehviläinen J., Lehtonen J.-M. (2026). Simulation analysis of additive manufacturing support for military maintenance during operations. The Journal of Defense Modeling and Simulation. OnlineFirst. https://doi.org/10.1177/15485129261473305
9. U.S. Department of Defense. (2024). Regional Sustainment Framework. Washington, DC. https://www.acq.osd.mil/asds/docs/RSF-9MAY24.pdf
10. UK Ministry of Defence. (2022). Support Advantage Charter. London: Ministry of Defence. https://www.gov.uk/government/publications/defence-support-strategy/support-advantage-charter
11. Zijlstra V., Basten R., Julsing T. (2022). Printing in the Army: Where to locate additive manufacturing capabilities in a remote spare parts supply chain? IFAC-PapersOnLine, 55(10), 1165–1170. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.547
12. Żółtowski B., Żółtowski M. (2024). Elements of logistics in the diagnostic strategy of military vehicle operation. Systemy Logistyczne Wojsk, 61(2), 171–192. https://doi.org/10.37055/slw/203432
13. Грубель М. Г., Паращук Д. Л., Волощук М. Я., Шульгін А. В. (2024). Методика технічного діагностування зразків військової автомобільної техніки. Збірник наукових праць ДНДІ випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, 1(19), 25–34. https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.03
14. ДСТУ В 15.004:2022. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Стадії життєвого циклу озброєння та військової техніки. Київ: ДП «УкрНДНЦ». https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=99700
15. ДСТУ В 15.007:2023. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Оцінювання вартості життєвого циклу озброєння та військової техніки. Основні положення. Київ: ДП «УкрНДНЦ». https://ukrmts.com/docsdb/30317.html
16. ДСТУ В 15.201:2022. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Тактико-технічне (технічне) завдання на виконання дослідно-конструкторської роботи. Загальні вимоги. Київ: ДП «УкрНДНЦ». https://ukrmts.com/docsdb/30213.html
17. ДСТУ В 15.203:2023. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Виконання дослідно-конструкторських робіт зі створення виробів та їх складників. Основні положення. Київ: ДП «УкрНДНЦ». https://ukrmts.com/docsdb/50600.html
18. ДСТУ В 15.206:2023. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Програма забезпечення надійності. Основні положення. Київ: ДП «УкрНДНЦ». https://ukrmts.com/docsdb/50690.html
19. ДСТУ В 15.210:2023. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Випробування озброєння та військової техніки. Основні положення. Класифікація. Київ: ДП «УкрНДНЦ». https://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1&l=19146
20. ДСТУ В 15.211:2023. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Програми і методики випробувань. Основні положення. Київ: ДП «УкрНДНЦ». https://ukrmts.com/docsdb/50606.html
21. Кохан В. Ф. (2024). Шляхи удосконалення методологічних і практичних підходів в укомплектуванні військовою автомобільною технікою Сил оборони України. Системи озброєння і військова техніка, 3(79), 15–21. https://doi.org/10.30748/soivt.2024.79.02
22. Міністерство оборони України. (2024). Про затвердження Методики розрахунку вартості життєвого циклу зразків озброєння, військової та спеціальної техніки: наказ від 12.02.2024 № 106. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0464-24

23. Павлов Я. В. (2023). Оцінювання ефективності функціонування системи відновлення автобронетанкової техніки Національної гвардії України. Честь і закон, 3(86), 110–115. https://doi.org/10.33405/2078-7480/2023/3/86/287127
24. Павлов Я. В. (2024). Алгоритми дій ремонтних підрозділів з відновлення автобронетанкової техніки в умовах ведення бойових дій. Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України, 2(44), 115–121. https://doi.org/10.33405/2409-7470/2024/2/44/319518
25. Павлов Я. В. (2025). An Improved Model of the Actions of the Repair Units of the National Guard of Ukraine Following the Procedure for the Search, Evacuation, and Repair of Damaged Automotive and Armored Vehicles. Social Development and Security, 15(5), 102–113. https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.5.8
26. Партика С. П. (2025). Рухомі засоби технічного обслуговування та ремонту техніки як основна складова системи ремонту. Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки, 97(4), 111–119. https://doi.org/10.32453/3.v97i4.1602
27. Череушенко Б. В. (2025). Аналіз мобільних засобів технічного обслуговування і ремонту автомобільної та мототехніки у сучасних бойових умовах. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса), 2(24) 12-22. https://doi.org/10.37129/2313-7509.2025.24.2
28. Череушенко Б. В. (2026). Method for Prioritising Mobile Maintenance Assets for Automotive and Motorcycle Repair Units. Social Development and Security, 16(4), 401–419. https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.4.24
29. Черненко П. В., Ніконенко А. М., Парій С. Г. (2026). Сучасні рухомі ремонтні майстерні автобронетанкової техніки – ключ до перемоги у війні. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки, 37(76)(1), 402–408. https://doi.org/10.32782/2663-5941/2026.1.1/50
30. Чопа Д. А., Дерев'янчук А., Москаленко Д., Журавльов А. (2024). Підхід щодо інформаційного забезпечення ремонтно-відновлювальних робіт із зразками озброєння та військової техніки на основі технологій доповненої реальності. Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 50(2), 85–95. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2024-50-2-85-95

References

1. Chereushenko, B. (2026). Method for Prioritising Mobile Maintenance Assets for Automotive and Motorcycle Repair Units. Social Development and Security, 16(4), 401–419. https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.4.24
2. Chereushenko, B. V. (2025). Analiz mobilnykh zasobiv tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu avtomobilnoi ta mototekhniky u suchasnykh boiovykh umovakh [Analysis of mobile maintenance and repair assets for automotive and motorcycle vehicles in modern combat conditions]. Collection of Scientific Works of Odesa Military Academy, 2(24) 12-22. https://doi.org/10.37129/2313-7509.2025.24.2
3. Chernenko, P. V., Nikonenko, A. M., & Parii, S. H. (2026). Suchasni rukhomi remontni maisterni avtobronetankovoi tekhniky – kliuch do peremohy u viini [Modern mobile armoured vehicle repair workshops as a key to victory]. Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Series: Technical Sciences, 37(76)(1), 402–408. https://doi.org/10.32782/2663-5941/2026.1.1/50
4. Chopa, D. A., Derevianchuk, A., Moskalenko, D., & Zhuravlov, A. (2024). Pidkhid shchodo informatsiinoho zabezpechennia remontno-vidnovliuvalnykh robit iz zrazkamy ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky na osnovi tekhnolohii dopovnenoi realnosti [Information support for

repair and recovery works using augmented reality]. Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defence, 50(2), 85–95. https://doi.org/10.33099/2311-7249/2024-50-2-85-95

5. Department of the Army. (2024). ATP 4-33: Maintenance operations. Headquarters, Department of the Army. https://cascom.army.mil/asrp/doctrine-pubs.html
6. Hrubel, M. H., Parashchuk, D. L., Voloshchuk, M. Ya., & Shulhin, A. V. (2024). Metodyka tekhnichnoho diahnostuvannia zrazkiv viiskovoi avtomobilnoi tekhniky [Methodology for technical diagnostics of military vehicles]. Scientific Works of the State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, 1(19), 25–34. https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.03
7. IEC. (2025). IEC 60300-3-10:2025 Dependability management – Part 3-10: Application guide – Maintainability and maintenance. International Electrotechnical Commission. https://webstore.iec.ch/en/publication/65334
8. Ilkström Kravcov, A., Rautio, S., Vlkovský, M., Rodriguez, M. H., Khoshnaw, F., & Šlajs, T. (2026). Utilization of Additive Manufacturing for Rapid Repair in Military Applications. Advances in Military Technology, 21(1), 325–344. https://doi.org/10.3849/aimt.02032
9. ISO. (2024a). ISO 55000:2024 Asset management – Vocabulary, overview and principles. International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/83053.html
10. ISO. (2024b). ISO 55001:2024 Asset management – Asset management system – Requirements. International Organization for Standardization. https://www.iso.org/standard/83054.html
11. Kokhan, V. F. (2024). Shliakhy udoskonalennia metodolohichnykh i praktychnykh pidkhodiv v ukomplektuvanni viiskovoiu avtomobilnoiu tekhnikoiu Syl oborony Ukrainy [Ways to improve methodological and practical approaches to equipping the Defence Forces of Ukraine with military vehicles]. Weapon Systems and Military Equipment, 3(79), 15–21. https://doi.org/10.30748/soivt.2024.79.02
12. Ministry of Defence of Ukraine. (2024). Metodyka rozrakhunku vartosti zhyttievoho tsyklu zrazkiv ozbroiennia, viiskovoi ta spetsialnoi tekhniky [Methodology for calculating the life-cycle cost of weapons, military and special equipment], Order No. 106 of 12 February 2024. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0464-24
13. Mohril, R. S., Solanki, B. S., Majumdar, J., Lad, B. K., & Kulkarni, M. S. (2024). Novel Selective Maintenance Approach to Ensure Mission Reliability of Armored Vehicles Considering Multiple Deployment Roles in Distinct Operating Profiles. Defence Science Journal, 74(4), 447–459. https://doi.org/10.14429/dsj.74.19370
14. NATO Standardization Office. (2025). AJP-4: Allied joint doctrine for sustainment of operations (Edition C, Version 1). https://www.gov.uk/government/publications/allied-joint-doctrine-for-sustainment-of-operations-ajp-4
15. Partyka, S. P. (2025). Rukhomi zasoby tekhnichnoho obsluhovuvannia ta remontu tekhniky yak osnovna skladova systemy remontu [Mobile maintenance and repair assets as a major component of the repair system]. Collection of Scientific Works of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine. Series: Military and Technical Sciences, 97(4), 111–119. https://doi.org/10.32453/3.v97i4.1602
16. Pavlov, Y. (2025). An Improved Model of the Actions of the Repair Units of the National Guard of Ukraine Following the Procedure for the Search, Evacuation, and Repair of Damaged Automotive and Armored Vehicles. Social Development and Security, 15(5), 102–113. https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.5.8
17. Pavlov, Ya. V. (2023). Otsiniuvannia efektyvnosti funktsionuvannia systemy vidnovlennia avtobronetankovoi tekhniky Natsionalnoi hvardii Ukrainy [Assessment of the efficiency of the armored vehicle recovery system of the National Guard of Ukraine]. Honor and Law, 3(86), 110–115. https://doi.org/10.33405/2078-7480/2023/3/86/287127

18. Pavlov, Ya. V. (2024). Alhorytmy dii remontnykh pidrozdiliv z vidnovlennia avtobronetankovoi tekhniky v umovakh vedennia boiovykh dii [Algorithms of repair unit actions for restoring armored vehicles under combat conditions]. Collection of Scientific Works of the National Academy of the National Guard of Ukraine, 2(44), 115–121. https://doi.org/10.33405/2409-7470/2024/2/44/319518
19. Rautio, S., Vehviläinen, J., & Lehtonen, J.-M. (2026). Simulation analysis of additive manufacturing support for military maintenance during operations. The Journal of Defense Modeling and Simulation. Advance online publication. https://doi.org/10.1177/15485129261473305
20. U.S. Department of Defense. (2024). Regional Sustainment Framework. https://www.acq.osd.mil/asds/docs/RSF-9MAY24.pdf
21. UK Ministry of Defence. (2022). Support Advantage Charter. https://www.gov.uk/government/publications/defence-support-strategy/support-advantage-charter
22. UkrNDNC. (2022a). DSTU V 15.201:2022. Systema keruvannia zhyttievym tsyklom ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky. Taktyko-tekhnichne (tekhnichne) zavdannia na vykonannia doslidno-konstruktorskoi roboty. Zahalni vymohy [Life-cycle management system of armament and military equipment. Tactical and technical specification for R&D. General requirements]. Kyiv: UkrNDNC. https://ukrmts.com/docsdb/30213.html
23. UkrNDNC. (2022b). DSTU V 15.004:2022. Systema keruvannia zhyttievym tsyklom ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky. Stadii zhyttievoho tsyklu [Life-cycle stages of armament and military equipment]. Kyiv: UkrNDNC. https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=99700
24. UkrNDNC. (2023a). DSTU V 15.203:2023. Vykonannia doslidno-konstruktorskykh robit zi stvorennia vyrobiv ta yikh skladnykiv. Osnovni polozhennia [R&D for creation of products and components. Main provisions]. Kyiv: UkrNDNC. https://ukrmts.com/docsdb/50600.html
25. UkrNDNC. (2023b). DSTU V 15.007:2023. Otsiniuvannia vartosti zhyttievoho tsyklu ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky. Osnovni polozhennia [Life-cycle cost assessment of armament and military equipment]. Kyiv: UkrNDNC. https://ukrmts.com/docsdb/30317.html
26. UkrNDNC. (2023c). DSTU V 15.210:2023. Vyprobuvannia ozbroiennia ta viiskovoi tekhniky. Osnovni polozhennia. Klasyfikatsiia [Testing of armament and military equipment. Main provisions. Classification]. Kyiv: UkrNDNC. https://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1&l=19146
27. UkrNDNC. (2023d). DSTU V 15.206:2023. Prohrama zabezpechennia nadiinosti. Osnovni polozhennia [Reliability assurance programme. Main provisions]. Kyiv: UkrNDNC. https://ukrmts.com/docsdb/50690.html
28. UkrNDNC. (2023e). DSTU V 15.211:2023. Prohramy i metodyky vyprobuvan. Osnovni polozhennia [Test programmes and procedures. Main provisions]. Kyiv: UkrNDNC. https://ukrmts.com/docsdb/50606.html
29. Zijlstra, V., Basten, R., & Julsing, T. (2022). Printing in the Army: Where to locate additive manufacturing capabilities in a remote spare parts supply chain? IFAC-PapersOnLine, 55(10), 1165–1170. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.09.547
30. Żółtowski, B., & Żółtowski, M. (2024). Elements of logistics in the diagnostic strategy of military vehicle operation. Systemy Logistyczne Wojsk, 61(2), 171–192. https://doi.org/10.37055/slw/203432

This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons «Attribution» 4.0.