УДК 623.4:004.9

Л. М. Майданевич, В. М. Марковський

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. *Розглянуто інформаційні системи, які застосовують для підтримки експлуатації військової техніки в умовах інтенсивного використання та обмежених ресурсів технічного забезпечення. Виділено чотири класи систем – електронний облік і планування технічного обслуговування (ТО), бортова діагностика й телеметрія, прогнозування технічного стану та інтегровані платформи управління парком – і визначено їхні можливості та обмеження. Показано, що основний внесок таких систем у коефіцієнт готовності пов'язаний зі скороченням середнього часу відновлення, а перехід до ТО за станом потребує накопичення достовірних даних про відмови. Запропоновано поетапний порядок впровадження з урахуванням автономної роботи в польових умовах і кіберзахисту.*

Ключові слова: *інформаційні системи, військова техніка, технічне обслуговування за станом, діагностика, коефіцієнт готовності.*

Abstract. *Information systems used to support the operation of military equipment under intensive use and limited maintenance resources are considered. Four classes of systems are distinguished – electronic maintenance recording and planning, onboard diagnostics and telemetry, condition prognostics, and integrated fleet management platforms – and their capabilities and limitations are identified. It is shown that the main contribution of such systems to equipment availability comes from a reduction in mean time to restore, while a transition to condition-based maintenance requires accumulated and reliable failure data. A phased implementation procedure is proposed, taking into account autonomous operation in the field and cybersecurity.*

Keywords: *information systems, military equipment, condition-based maintenance, diagnostics, availability.*

Бойова готовність підрозділів значною мірою залежить від того, яка частка техніки справна й може бути застосована в потрібний момент. В умовах інтенсивних бойових дій на цю частку одночасно впливають високе навантаження на техніку, бойові пошкодження, дефіцит запасних частин та розосередження підрозділів і ремонтних органів. Традиційні стратегії технічного обслуговування – після відмови та за встановленими регламентами – мають певні обмеження в умовах інтенсивної експлуатації. Обслуговування після відмови не дає змоги завчасно запобігти незапланованому простою техніки, тоді як регламентне обслуговування не завжди враховує її фактичний технічний стан та інтенсивність використання окремих агрегатів. Це може зумовлювати недостатньо раціональне використання ремонтних ресурсів і виконання окремих робіт раніше, ніж цього потребує фактичний стан техніки [1].

Тому в Україні дедалі активніше впроваджують цифрові рішення. Міноборони тестувало автоматизовану систему обліку для служб тилу, що має зменшити кількість помилок ручного обліку [2], а в лютому 2026 р. повідомило про завершення розгортання системи управління логістичним забезпеченням, яка відстежує шлях військової техніки від закупівлі до передачі у військові частини [3]. Ці системи стосуються насамперед обліку й постачання, а питання діагностування та прогнозування технічного стану потребує окремого розгляду.

Метою роботи є систематизація інформаційних систем підтримки експлуатації військової техніки за функціональними класами та визначення порядку їх поетапного впровадження.

Методологічну основу дослідження становлять методи аналізу та узагальнення науково-технічних джерел, порівняльного аналізу функціональних можливостей інформаційних систем і системного підходу до визначення послідовності їх впровадження.

Одним із показників, що характеризує здатність відновлюваного технічного об'єкта перебувати у працездатному стані, є коефіцієнт готовності. Для оцінювання його впливу на експлуатаційну готовність техніки можна використати співвідношення [4]:

$$K_r = \frac{T_H}{T_B + T_H} \qquad (1)$$

де $T_н$ – середнє напрацювання між відмовами; $T_в$ – середній час відновлення працездатності, що охоплює виявлення несправності, діагностування, очікування необхідних запасних частин і виконання ремонтних робіт. Наведене співвідношення дає змогу оцінити залежність готовності техніки від тривалості її безвідмовної роботи та часу відновлення. Інформаційні системи можуть впливати на обидві складові: засоби діагностики й моніторингу сприяють своєчасному виявленню відхилень у роботі агрегатів, а електронний облік, доступ до технічної документації та автоматизація логістичних процесів дають змогу скорочувати окремі складові часу простою. Водночас підвищення середнього напрацювання між відмовами можливе опосередковано – завдяки аналізу накопичених експлуатаційних даних, виявленню повторюваних несправностей і коригуванню регламентів технічного обслуговування.

З урахуванням функціонального призначення інформаційні системи підтримки експлуатації військової техніки доцільно розглядати за чотирма основними рівнями, які відображають послідовність переходу від обліку експлуатаційних даних до комплексної підтримки управлінських рішень. Наведена класифікація (табл. 1) має функціональний характер, оскільки окремі можливості цих систем можуть поєднуватися в межах однієї цифрової платформи.

Таблиця 1 – Функціональні класи інформаційних систем підтримки експлуатації військової техніки

Клас системи	Основні функції	Основні обмеження
Електронний облік і планування ТО та ремонтів	Облік напрацювання, технічного стану, виконаних робіт, формування графіків ТО, облік запасних частин	Залежність від повноти й достовірності введених даних
Бортова діагностика й телеметрія	Збирання та реєстрація параметрів роботи агрегатів, виявлення відхилень, передавання діагностичної інформації	Потреба в датчиках, сумісності обладнання, захисті даних і каналах передавання інформації
Системи моніторингу та прогнозування технічного стану (CBM / Predictive Maintenance)	Аналіз діагностичних параметрів, виявлення тенденцій деградації, оцінювання ймовірності відмов і залишкового ресурсу	Потреба в репрезентативних даних, перевірених моделях та кваліфікованому персоналі
Інтегровані платформи управління парком	Об'єднання обліку, діагностики, логістики, ремонтної інформації та аналітики готовності	Складність інтеграції, забезпечення сумісності, кіберзахисту та безперервності роботи

1. Системи електронного обліку та планування технічного обслуговування. Цей клас є базовим рівнем цифровізації експлуатації військової техніки. Такі системи забезпечують ведення електронних формулярів, облік напрацювання, реєстрацію несправностей і виконаних ремонтів, планування регламентних робіт та контроль наявності запасних частин. Їх застосування дає змогу зменшити обсяг ручного документообігу, підвищити оперативність оброблення інформації та сформувати впорядковану базу експлуатаційних даних. Саме такі завдання частково реалізуються в межах українських проєктів цифровізації обліку й логістичного забезпечення [2, 3]. Водночас достовірність результатів роботи цих систем безпосередньо залежить від своєчасності та повноти внесення інформації користувачами.

2. Системи бортової діагностики та телеметрії. Їх функціонування ґрунтується на використанні датчиків, вимірювальних перетворювачів та електронних блоків керування, які забезпечують реєстрацію параметрів роботи окремих агрегатів і систем техніки. Отримані дані можуть використовуватися для виявлення відхилень від установлених режимів, оцінювання поточного технічного стану та формування діагностичних повідомлень. У дослідженні [5] запропоновано структуру інформаційно-вимірювальної системи військового призначення та алгоритм контролю параметрів озброєння і військової техніки з оцінюванням достовірності

результатів контролю. Це підтверджує важливість не лише збирання вимірювальної інформації, а й забезпечення її належної якості під час прийняття рішень щодо технічного стану об’єкта. Для застосування таких систем у польових умовах доцільно передбачати локальне збереження діагностичних даних із можливістю їх подальшої синхронізації після відновлення зв'язку.

3. Системи моніторингу та прогнозування технічного стану. Технічне обслуговування за станом (Condition-Based Maintenance, CBM) передбачає прийняття рішень про необхідність і строки виконання обслуговування на основі фактичного стану техніки. Прогнозне технічне обслуговування (Predictive Maintenance) додатково використовує аналітичні методи та моделі для виявлення тенденцій деградації, прогнозування розвитку несправностей і, за наявності достатніх даних, оцінювання залишкового ресурсу.

Загальні принципи організації програм моніторингу технічного стану машин визначено в ISO 17359:2018 [6], а підходи до розроблення та застосування процесів прогнозування – в ISO 13381-1:2025 [7]. У наукових оглядах [1, 8] відзначається розвиток методів аналізу експлуатаційних даних і машинного навчання для підтримки технічного обслуговування.

Як приклад застосування методів машинного навчання можна навести дослідження Sengupta, Mehta та Rana [9], у якому запропоновано ансамблеву модель прогнозування потреби в технічному обслуговуванні та наведено показник точності класифікації 98,93 %. Водночас аналіз методології цієї роботи засвідчує, що для навчання моделі використано набір AI4I 2020, який містить дані змодельованої виробничої лінії, а не фактичні вимірювання з броньованих машин. Тому наведений показник не можна безпосередньо трактувати як підтверджену точність прогнозування відмов військової техніки. Для практичного застосування подібних моделей необхідні перевірка на репрезентативних експлуатаційних даних, оцінювання похибок прогнозування та адаптація до особливостей конкретних зразків техніки.

4. Інтегровані платформи управління парком техніки. Такі платформи призначені для об'єднання інформації про наявність і технічний стан машин, їхнє напрацювання, виконані ремонтні роботи, потребу в запасних частинах та показники готовності. Інтеграція цих даних створює інформаційну основу для узгодження роботи технічних і логістичних служб, визначення пріоритетності ремонтів та раціонального розподілу ресурсів.

Разом із тим упровадження інтегрованих платформ потребує належного організаційного, технічного та кадрового забезпечення. Зокрема, за результатами аудиту Генерального інспектора Міністерства оборони США, оприлюдненого у 2022 р., прогнозне технічне обслуговування ще не було повністю реалізовано на жодній із перевірених систем озброєння. Серед основних перешкод зазначено недостатню узгодженість стратегічного планування, обмежену доступність достовірних даних і алгоритмів, недостатню підготовку персоналу та складність переходу від обслуговування після відмови до прогнозного підходу [10]. Цей досвід свідчить, що ефективність цифровізації визначається не лише технічними можливостями програмного забезпечення, а й готовністю організаційної системи до його використання.

Застосування інформаційних систем для підтримки експлуатації військової техніки потребує врахування специфічних умов їх функціонування. Насамперед необхідно забезпечити можливість автономної роботи за відсутності або нестабільності зв’язку, збереження інформації на локальних носіях і її подальшу синхронізацію. Важливими є також захист даних від несанкціонованого доступу, розмежування прав користувачів та використання засобів криптографічного захисту відповідно до встановлених вимог.

Апаратні компоненти систем повинні бути пристосовані до впливу вібрацій, пилу, вологи та температурних коливань. Програмний інтерфейс має забезпечувати зрозуміле подання діагностичної інформації та бути зручним для використання персоналом із відповідним рівнем підготовки. Окремою вимогою є сумісність із різними поколіннями та типами техніки, що передбачає використання узгоджених форматів даних і можливість інтеграції різнорідних технічних засобів.

Недотримання цих вимог може призвести до втрати даних, помилкових діагностичних висновків або недостатнього використання функціональних можливостей системи.

З урахуванням розглянутих функціональних можливостей та обмежень доцільно застосовувати поетапний підхід до впровадження інформаційних систем підтримки експлуатації військової техніки.

На першому етапі необхідно організувати електронний облік техніки, напрацювання, несправностей, ремонтів і запасних частин. Основним результатом має стати формування структурованої та достовірної бази експлуатаційних даних.

На другому етапі доцільно впроваджувати засоби діагностики й моніторингу технічного стану на пріоритетних зразках техніки. При цьому необхідно забезпечити перевірку достовірності вимірювань, реєстрацію діагностичних параметрів і можливість автономного збереження інформації.

На третьому етапі накопичені дані можуть використовуватися для розроблення та перевірки моделей прогнозування несправностей, оцінювання залишкового ресурсу й обґрунтування строків проведення технічного обслуговування. Перехід до такого підходу має здійснюватися поступово, з урахуванням репрезентативності даних і результатів перевірки прогнозних моделей.

На четвертому етапі доцільно забезпечити інтеграцію облікових, діагностичних і логістичних підсистем у єдине інформаційне середовище управління парком техніки. Паралельно необхідно здійснювати підготовку персоналу, перевірку сумісності компонентів і впровадження заходів кіберзахисту. Така послідовність узгоджується з висновками міжнародного досвіду щодо організаційних і технічних труднощів упровадження прогнозного технічного обслуговування [10].

У результаті дослідження систематизовано інформаційні системи підтримки експлуатації військової техніки за функціональним призначенням та виокремлено чотири основні класи: системи електронного обліку й планування технічного обслуговування, засоби бортової діагностики та телеметрії, системи моніторингу й прогнозування технічного стану, інтегровані платформи управління парком техніки. Визначено, що їхні функції можуть поєднуватися в межах єдиного інформаційного середовища, забезпечуючи послідовний перехід від реєстрації експлуатаційних даних до підтримки управлінських рішень.

Обґрунтовано, що основний вплив інформаційних систем на технічну готовність реалізується через підвищення оперативності виявлення несправностей, скорочення часу діагностування, удосконалення планування ремонтів і забезпечення запасними частинами. Водночас використання прогнозних моделей потребує накопичення достовірних експлуатаційних даних, перевірки їхньої точності та адаптації до умов функціонування конкретних зразків техніки.

Запропоновано поетапний підхід до впровадження таких систем, який передбачає формування електронної бази експлуатаційних даних, застосування засобів діагностики й моніторингу, розроблення та перевірку моделей прогнозування, а також інтеграцію інформаційних підсистем. Визначено, що результативність цифровізації залежить від забезпечення автономності роботи, сумісності технічних і програмних компонентів, належного кіберзахисту та підготовки персоналу.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення методики кількісного оцінювання впливу інформаційних систем на показники технічної готовності військової техніки та визначення критеріїв ефективності їх упровадження в реальних умовах експлуатації.

Список використаних джерел:

1. Quatrini E., Costantino F., Di Gravio G., Patriarca R. Condition-Based Maintenance—An Extensive Literature Review. *Machines*. 2020. Vol. 8, No. 2. Art. 31. DOI: https://doi.org/10.3390/machines8020031.
2. Спростить життя начальникам служб: Міноборони тестує автоматизовану систему обліку. *АрміяInform*. 21.02.2024. URL: https://armyinform.com.ua/2024/02/21/sprostyt-zhyttya-nachalnykam-sluzhb-minoborony-testuye-avtomatyzovanu-systemu-obliku/ (дата звернення: 08.11.2026).
3. Міноборони цифровізувало процеси постачання військової техніки. *Міністерство оборони України*. 23.02.2026. URL: https://mod.gov.ua/news/minoboroni-czifrovizuvalo-proczesi-postachannya-vijskovoyi-tehniki (дата звернення: 08.11.2026).
4. EN 13306:2017. *Maintenance — Maintenance terminology*. Brussels: European Committee for Standardization, 2017. URL: https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/5af77559-

ca38-483a-9310-823e8c517ee7/en-13306-2017?srsltid=AYCX9vJy_bctfrn8Ev1X5c7xO2E5jNBckTDmOZI2zJcp3ta75V_G4XtG

5. Кузнецов І. Б., Дядечко А. О., Марценківський В. Т. Алгоритм контролю параметрів озброєння та військової техніки для інформаційно-вимірювальної системи військового призначення. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2019. № 3 (36). С. 103–108. DOI: https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-36-3-103-108.

6. ISO 17359:2018. *Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines*. Geneva: International Organization for Standardization, 2018. URL: https://www.scribd.com/document/666118450/iso-17359-2018-2

7. ISO 13381-1:2025. *Condition monitoring and diagnostics of machine systems – Prognostics. Part 1: General guidelines and requirements*. Geneva: International Organization for Standardization, 2025. URL: https://www.iso.org/ru/standard/88029.html

8. Ali A., Abdelhadi A. Condition-Based Monitoring and Maintenance: State of the Art Review. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, No. 2. Art. 688. DOI: https://doi.org/10.3390/app12020688.

9. Sengupta P., Mehta A., Rana P. S. Predictive Maintenance of Armoured Vehicles Using Machine Learning Approaches. *arXiv preprint*. 2023. arXiv:2307.14453. URL: https://arxiv.org/abs/2307.14453.

10. U.S. Department of Defense Office of Inspector General. *Audit of the Department of Defense's Implementation of Predictive Maintenance Strategies to Support Weapon System Sustainment*. Report No. DODIG-2022-103. 2022. URL: https://www.dodig.mil/Reports/Audits-and-Evaluations/Article/3063635/audit-of-the-department-of-defenses-implementation-of-predictive-maintenance-st/.

Майданевич Леонід Олександрович – кандидат філософських наук, доцент кафедри захисту інформації Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, e-mail: maidanevychlo@vntu.edu.ua . https://orcid.org/0000-0002-7364-8874

Марковський Віталій Михайлович – студент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: foxc9759@gmail.com

Maidanevych Leonid – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor Department of Information Protection, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: maidanevychlo@vntu.edu.ua . https://orcid.org/0000-0002-7364-8874

Markovskyi Vitalii – student, Department of Industrial Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: foxc9759@gmail.com