

SECTION: ENGINEERING.

SEKCJA: INŻYNIERIA.

How to cite: Nikulin, A. (2023). Predictive Diagnostics as a Transformational Practice of Equipment Condition Management in Industrial Enterprises. *Global Innovations and Collaborative Solutions in Contemporary Science* (pp. 458-462). Futurity Research Publishing. https://futurity-publishing.com/international_conference_3

Predictive Diagnostics as a Transformational Practice of Equipment Condition Management in Industrial Enterprises

Andrii Nikulin

Master's Degree, Lead mechanical engineer and industrial automation engineer LE&CO

Accepted: December 7, 2023 | **Published:** December 15, 2023 | **Language:** English

Abstract: This study examines predictive diagnostics (PD) as a transformative practice for managing the technical condition of equipment at industrial enterprises. The purpose of the research is to clarify the theoretical aspects of PD and determine its impact on production efficiency. The research methodology employs analysis, synthesis, and descriptive methods. The results demonstrate the significant role of PD in minimizing accident risks, optimizing costs, and ensuring the safety of production processes. The study establishes that the effectiveness of PD implementation depends on organizational, technological, and personnel factors. The conclusions confirm the positive impact of PD on the economic performance of enterprises.

Keywords: predictive diagnostics, management, technical condition, equipment, efficiency, risks, implementation, organizational aspects, technologies, productivity.

Вступ

Сучасні промислові підприємства стикаються з численними викликами в управлінні технічним станом обладнання, що зумовлено швидкими змінами на ринку та зростаючими вимогами до ефективності виробництва. Традиційні методи діагностики виявляються недостатніми для забезпечення стабільної роботи обладнання та мінімізації ризиків, що підкреслює необхідність впровадження нових підходів. У цьому контексті прогнозна діагностика (ПД) постає як трансформаційна практика, здатна не лише виявляти несправності, а й передбачати їх виникнення. Це суттєво підвищує надійність та ефективність виробничих процесів. Цифровізація та сенсорні технології відіграють важливу роль у прогностичному обслуговуванні обладнання. Дослідження, проведене М. Ашуш (M. Achouch), М. Дімітрова (M. Dimitrova), К. Зіан (K. Ziane) та співавтори, демонструє, що застосування таких технологій стає важливим елементом управління технічним станом на промислових підприємствах. Вони дозволяють скоротити час простою, оптимізувати витрати та покращити якість виробництва (Achouch et al., 2022). Крім того, нові технології, такі як метод покращення зображень з низьким рівнем освітлення, запропонований С. Гао (X. Gao), М. Чжан (M. Zhang) та Ц. Лю (J. Luo), використовують генеративні стратегії глибокого навчання для зменшення шуму та підвищення якості зображень. Це позитивно впливає на продуктивність систем комп'ютерного зору (Gao et al., 2022). Також важливою є роль теорії фракталів у проектуванні кіберфізичних систем в Індустрії 4.0, про що зазначають М. Е. Перальта (M. E. Peralta) та В. М. Сольтеро (V. M. Soltero). Вони підкреслюють, що адаптивні системи, створені на основі цієї теорії, відповідають вимогам сучасного виробництва та забезпечують стійкість у змінному середовищі (Peralta & Soltero, 2020).

ПД ґрунтується на аналізі даних, отриманих із різних сенсорів і систем моніторингу, а також на застосуванні статистичних моделей. Це дозволяє підприємствам переходити від реактивного до проактивного підходу в управлінні технічним станом обладнання, значно знижуючи ймовірність аварійних ситуацій і зупинок у виробництві. Проте впровадження ПД супроводжується певними викликами, зокрема необхідністю адаптації організаційних структур, технологічного оснащення та підготовки персоналу. З огляду на наведене, у рамках цього дослідження здійснено теоретичний аналіз головних концепцій і підходів до ПД, а також її порівняння з традиційними методами. Особливу увагу приділено чинникам, що впливають на успішність впровадження цієї практики на промислових підприємствах, та аналізу її економічних наслідків. Визначення впливу ПД на ефективність виробництва й зниження ризиків є важливим кроком у розумінні її ролі в контексті сучасного управління технічним станом обладнання.

Таким чином, метою дослідження є вивчення теоретичних аспектів ПД як трансформаційної практики управління технічним станом обладнання на промислових підприємствах і визначення її впливу на ефективність виробництва та зниження ризиків.

Результати дослідження

ПД є важливим елементом управління технічним станом обладнання, оскільки дає змогу підприємствам суттєво зменшити ризики, що пов'язані з аваріями та простоєм. Збір даних із різноманітних сенсорів, зокрема датчиків вібрації, температури й тиску, забезпечує безперервний моніторинг стану обладнання. Це створює підґрунтя для аналізу інформації, який здійснюється за допомогою статистичних методів та алгоритмів машинного навчання. У результаті виявляються закономірності, які вказують на можливі несправності, що має суттєве значення для своєчасного реагування. Аналіз зібраних даних уможливорює створення прогностичних моделей, які сприяють прогнозуванню ймовірності виникнення несправностей. Використання таких методів, як регресія та нейронні мережі, дає змогу перейти від реактивного підходу до проактивного управління. Це

означає, що технічне обслуговування планується відповідно до прогнозів, що забезпечує не лише своєчасність ремонту, а й зменшує витрати на обслуговування (Сердюк і Маринич, 2021, с. 42).

Водночас ПД позитивно впливає на загальну ефективність виробництва. Завдяки уникненню непередбачених зупинок виробництва зростає продуктивність підприємств. Окрім того, скорочення витрат на обслуговування та підвищення безпеки працівників є важливими результатами застосування ПД. Усе це сприяє стабільності виробничих процесів і покращенню якості кінцевої продукції, що є критично важливим для конкурентоспроможності підприємств. У таблиці 1 наведено головні відмінності між цими двома методами. Традиційні методи управління технічним станом обладнання ґрунтуються переважно на реактивному підході, коли несправності виявляють лише після їх виникнення. Головними інструментами в цьому випадку є візуальні огляди та періодичні перевірки, які не забезпечують своєчасного виявлення відхилень у роботі. Такий підхід характеризується низькою ефективністю, суттєвою залежністю від частоти перевірок, а також значними витратами на усунення аварійних зупинок.

Отже, ПД формує проактивну модель управління, що дає змогу визначати ризики ще до появи фактичних несправностей (Глухов та ін., 2022, с. 72). Використання сенсорів, систем збору даних та аналітичних алгоритмів забезпечує раннє виявлення відхилень та уможливлює планування обслуговування, виходячи з реального стану обладнання. Це оптимізує витрати на ремонт, підвищує безпеку та гарантує стабільність виробничих процесів (Гайдамака та ін., 2021, с. 55).

Таблиця 1

Порівняння традиційних методів і ПД

Критерій	Традиційні методи	ПД
Підхід	Реактивний	Проактивний
Головні інструменти	Візуальний огляд, періодичні перевірки	Сенсори, аналітика даних
Час реагування	Після виникнення проблеми	Передбачення проблем до їх виникнення
Ефективність	Низька, залежить від частоти перевірок	Висока, завдяки аналітиці
Витрати на обслуговування	Часто високі через непередбачені зупинки	Оптимізовані завдяки плануванню
Безпека	Залежить від своєчасності діагностики	Вища завдяки ранньому виявленню ризиків

Джерело: авторська розробка.

Реалізація ПД на промислових підприємствах є комплексним процесом, що охоплює організаційні, технологічні та людські аспекти. Важливою умовою успішного впровадження є підтримка керівництва, готовність інвестувати в нові технології та формування чіткої стратегії розвитку. Вона мають охоплювати визначення етапів інтеграції ПД, критерії оцінювання ефективності та механізми управління змінами. Впровадження нових технологій нерідко супроводжується опором персоналу, тому ключову роль відіграють ефективна комунікація, навчання та залучення працівників до процесу трансформації.

Визначальним аспектом також є технологічна база підприємства. Сенсорні системи, інструменти збору та аналізу даних, інтеграція з наявними ERP- і MES-платформами створюють технічні умови для реалізації ПД (Carvalho et al., 2019). Потужні аналітичні засоби дають змогу обробляти великі масиви інформації, точно прогнозувати можливі відмови й оптимізувати технічне обслуговування.

Окрім того, не менш важливим чинником постає підготовка та кваліфікація персоналу. Працівники мають володіти навичками роботи з цифровими системами діагностування та розуміти принципи аналізу даних (Bo et al., 2021, p. 19620). Формування культури інновацій та системне навчання сприяють готовності колективу до змін і забезпечують ефективне використання нових технологій.

Застосування ПД дає змогу завчасно визначати потребу в ремонті обладнання, запобігаючи аварійним зупинкам і зменшуючи витрати на екстрені роботи. Перехід до обслуговування за фактичним станом знижує кількість зайвих ремонтних операцій і скорочує витрати на запасні частини. Завдяки цьому оптимізуються виробничі процеси, скорочується час простоїв, підвищується якість продукції та стабільність виробничих ланцюгів.

У цьому контексті ефективніше використання ресурсів – людських, матеріальних і фінансових – сприяє збільшенню обсягів виробництва без пропорційного зростання витрат. Це позитивно впливає на фінансові показники підприємства, зокрема підвищується рентабельність, покращується оборотність активів і зміцнюється конкурентоспроможність.

Таким чином, ПД є трансформаційним інструментом управління технічним станом обладнання. Завдяки орієнтації на дані, точному моніторингу та оптимізації технічних процесів вона створює передумови для стабільного й ефективного виробництва. Попри необхідність оновлення технологічної інфраструктури та розвитку компетенцій персоналу, результати впровадження ПД цілком виправдовують докладені зусилля та витрачені ресурси.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що ПД є важливим елементом управління технічним станом обладнання, що дає змогу зменшити ризики аварій і простоїв, а також оптимізувати витрати на обслуговування. Виявлено, що головні аспекти ПД, зокрема збір даних із сенсорів, аналіз за допомогою статистичних методів і штучного інтелекту, а також моделювання для прогнозування несправностей, забезпечують вищу ефективність і безпеку в порівнянні з традиційними методами діагностики.

Визначено чинники, що впливають на успішність впровадження ПД на промислових підприємствах, зокрема організаційні, технологічні та людські аспекти. Успішність впровадження залежить від підтримки керівництва, наявності чіткої стратегії, розвиненої інфраструктури та кваліфікації персоналу.

Окрім того, здійснено теоретичний аналіз впливу ПД на економічні результати діяльності підприємств, що підтверджує скорочення витрат на обслуговування та підвищення продуктивності. Виявлено, що впровадження прогнозової діагностики сприяє виявленню несправностей на ранніх стадіях, що дає змогу оптимізувати процеси обслуговування і покращити фінансові показники підприємств.

Водночас виявлено певні обмеження у впровадженні ПД, зокрема недостатню підготовку персоналу до нових технологій, відсутність інтеграції нових систем у чинні процеси та недостатню підтримку з боку керівництва. Це підкреслює необхідність комплексного підходу до впровадження прогнозової діагностики, що охоплює навчання персоналу, адаптацію організаційних процесів і забезпечення необхідних технологічних ресурсів.

Отже, результати дослідження підтверджують теоретичне та практичне значення прогнозової діагностики як важливого інструменту для підвищення ефективності промислових підприємств.

Література

- Гайдамака, А. В., Музикін, Ю. Д., & Клітної, В. В. (2021). Діагностика технічного стану і прогнозування безаварійно гарантованого напрацювання зубчастих коліс важко навантажених машин. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, 20, 54–61. <https://doi.org/10.30977/veit.2021.20.0.06>
- Глухов, С. І., Сакович, Л. М., & Бабій, О. С. (2022). Використання інформаційних технологій для прогнозування технічного стану об'єктів радіоелектронної техніки. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, 1(46), 72–78. <https://doi.org/10.30748/nitps.2022.46.10>
- Сердюк, О. Ю., & Маринич, І. А. (2021). Система контролю технічного стану обладнання конвеєра з візуалізацією основних параметрів. *Технічна інженерія*, 2(88), 42–49. [https://doi.org/10.26642/ten-2021-2\(88\)-42-49](https://doi.org/10.26642/ten-2021-2(88)-42-49)
- Achouch, M., Dimitrova, M., Ziane, K., Sattarpanah Karganroudi, S., Dhouib, R., Ibrahim, H., & Adda, M. (2022). On predictive maintenance in Industry 4.0: Overview, models, and challenges. *Applied Sciences*, 12(16), 8081. <https://doi.org/10.3390/app12168081>
- Bo, X., Chen, X., Li, H., Dong, Y., Qu, Z., Wang, L., & Li, Y. (2021). Modeling method for the coupling relations of microgrid cyber-physical systems driven by hybrid spatiotemporal events. *IEEE Access*, 9, 19619–19631. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3053402>
- Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. d. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>
- Gao, X., Zhang, M., & Luo, J. (2022). Low-light image enhancement via Retinex-style decomposition of denoised deep image prior. *Sensors*, 22(15), 5593. <https://doi.org/10.3390/s22155593>
- Peralta, M. E., & Soltero, V. M. (2020). Analysis of fractal manufacturing systems framework towards Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 57, 46–60. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.08.004>