

© Д. М. Матвійчук, аспірант,
ORCID: 0009-0007-4116-2937,
e-mail: ndirir95@gmail.com
(Вінницький національний технічний
університет)

© Dmytro Matviichuk, Postgraduate,
ORCID: 0009-0007-4116-2937,
e-mail: ndirir95@gmail.com
(Vinnytsia National Technical University)

ВПЛИВ ПОКРАЩЕНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ

IMPACT OF IMPROVED OPERATIONAL RELIABILITY OF DIESEL ENGINES ON THE EFFICIENCY OF TRANSPORT PROCESSES

Анотація. Досліджено вплив підвищення експлуатаційної надійності дизельних двигунів на ефективність роботи автотранспортних підприємств (АТП). Наведено статистичний аналіз простоїв автопарку через відмови двигунів, оцінено діагностичні методи і представлено можливості виконання діагностики віброакустичним методом. Окремо розглянуто економічний ефект від впровадження моніторингу технічного стану (СВМ), зокрема за рахунок зменшення витрат на ремонт технічних засобів і збільшення продуктивності праці підприємства. За допомогою сучасних практик і відкритих статистичних даних показано, що впровадження систем моніторингу з використанням діагностичних засобів загалом та віброакустичних сенсорів зокрема, дозволяє суттєво зменшити час простою та підвищити надійність автопарку рухомого складу. Запропоновано рекомендації щодо організації динамічного моніторингу технічного стану транспортних засобів (ТЗ), що базуються на поєднанні технічних засобів для віброакустичної діагностики та інформаційних технологій обробки та збереження інформації, яка в подальшому використовується для аналізу технічного стану ТЗ в будь-який момент часу.

Актуальність теми обумовлена проведеним аналізом рухомого складу АТП України та закордонних підприємств, у результаті чого можна зробити висновок, що саме дизельні двигуни є основними агрегатами, які використовують на ТЗ. Також встановлено, що значна частина простоїв рухомого складу пов'язана з відмовами силових установок. Показано, що впровадження систематичної діагностики, зокрема віброакустичного контролю, дозволяє своєчасно виявляти дефекти, прогнозувати залишковий ресурс і зменшувати частоту критичних несправностей. Узагальнено організаційні аспекти впровадження діагностичного супроводу в умовах АТП. Результати можуть бути використані для оптимізації графіків технічного обслуговування та зниження витрат на експлуатацію рухомого складу.

Ключові слова: дизельний двигун, експлуатаційна надійність, простої, діагностика, віброакустичний контроль, СВМ, автотранспортне підприємство.

Abstract. This article explores the impact of enhanced operational reliability of diesel engines on the efficiency of motor transport enterprises (MTE). A statistical analysis of fleet downtime caused by engine failures is conducted, and various diagnostic methods are assessed, with a focus on the potential of vibroacoustic diagnostics. The economic benefits of implementing condition-based maintenance (CBM) are highlighted, particularly the reduction in repair costs and the improvement in labor productivity.

The study demonstrates, using modern practices and open-source statistical data, that the implementation of monitoring systems equipped with diagnostic tools – especially vibroacoustic sensors – significantly reduces vehicle downtime and improves fleet reliability. Recommendations are provided for organizing dynamic monitoring of the technical condition of transport vehicles, based on the integration of vibroacoustic diagnostic equipment and digital information processing systems, enabling real-time condition assessment.

The relevance of this study is supported by the analysis of vehicle fleets in Ukraine and abroad, confirming that diesel engines are the primary power units used in commercial transport. It is also shown that a considerable share of fleet downtime is related to powertrain failures. Systematic diagnostics, including vibroacoustic monitoring, facilitate early fault detection, remaining service life forecasting, and a reduction in critical failures. The proposed organizational approaches can be applied to optimize maintenance schedules and reduce operating costs across the vehicle fleet.

Keywords: diesel engine, operational reliability, downtime, diagnostics, vibroacoustic monitoring, CBM, motor transport enterprise.

Вступ

Стан і надійність дизельних двигунів безпосередньо впливає на ефективність роботи автомобільних перевезень. Наприклад, згідно з відкритими статистичними даними, вантажний транспорт у США забезпечує близько 72,5 % перевезень, тому незаплановані

простої техніки призводять до значних збоїв у логістичних ланцюгах. Економічні витрати від незапланованого простою одного вантажного автомобіля можуть сягати 448–760 дол. США. Тобто навіть незначне скорочення простоїв за рахунок підвищення надійності двигунів приводить до суттєвих економічних заощаджень

та зменшення накладних витрат. Разом із тим Україна й інші країни потребують адаптації цих практик до наявних умов. Необхідно враховувати сучасні тенденції ймовірного зростання частки даних Internet of Things (IoT), вимоги до екології та наявну матеріально-технічну базу автотранспортних підприємств (АТП). Важливим є також аналіз основних причин відмов двигунів і відповідних заходів щодо їхнього попередження. Ця проблема потребує системного підходу – від аналізу даних про відмови до впровадження передових методів діагностики й моніторингу технічного стану транспортних засобів (ТЗ).

З розвитком діагностичних технологій оцінка технічного стану дизелів стала одним із ключових факторів забезпечення їхньої надійності. Адже своєчасне виявлення відхилень у роботі двигуна не лише зменшує ймовірність серйозних поломок, а й сприяє подовженню його експлуатаційного ресурсу. У практичних умовах діагностика використовується не лише для локалізації несправностей, а й як профілактичний інструмент під час планового технічного обслуговування. Висока варіативність конструктивних особливостей дизельних двигунів, а також різноманіття умов їхньої експлуатації унеможливають створення єдиного діагностичного алгоритму, який був би придатним для всіх випадків. Це свідчить про те, що будь-яка система діагностики повинна мати адаптивний характер, коригуючись залежно від реального технічного стану двигуна під час його експлуатації [1].

Метою роботи є оцінка впливу покращення експлуатаційної надійності дизельних двигунів на ефективність транспортних процесів в умовах автотранспортних підприємств, а також розробка рекомендацій з організації динамічного моніторингу технічного стану рухомого складу із застосуванням віброакустичних методів контролю технічного стану у поєднанні з ІТ-технологіями обробки та збереження даних.

Основна частина

Відмови в роботі двигунів призводять до вимушених простоїв рухомого складу та порушення графіків перевезень. Причини таких простоїв мають різноманітний характер. Механічні дефекти, наприклад, зношення підшипникових вузлів, пошкодження ущільнень двигуна чи зношення циліндро-поршневої групи (ЦПГ), порушення функціонування паливної

системи, перегрів двигуна через несправності в системі охолодження, що є наслідком відсутності своєчасного технічного обслуговування ТЗ. Компоненти дизельного двигуна, зважаючи на конструктивні особливості, порівняно з бензиновими агрегатами мають підвищену масу деталей ЦПГ, які піддаються значно більшому циклічно змінному навантаженню та мають вищу незбалансованість. У результаті чого створюють вищі показники шуму і вібрації, та працюють у більш агресивному середовищі. Параметр вібрацій, який перевищує допустиме значення, може свідчити про потенційні дефекти в підсистемах двигуна. Тому виявлення джерел таких вібрацій є ключовим для попередження відмов. Узагальнений аналіз інженерних даних показує, що наприклад, дисбаланс і зношення деталей, що працюють у спряженні, найчастіше спричинюють вібраційні сигнали, поява яких є симптомом та передують відмові підсистеми чи двигуна загалом. Виявлення цих сигналів за допомогою віброакустичних сенсорів дозволяє прогнозувати несправності. На додачу, кожен незапланований простій автомобіля через поломку двигуна призводить до значних втрат на підприємстві. Незаплановані простой можуть значно підвищувати накладні витрати, а в разі неможливості заміни рухомого складу – завдавати значних фінансових збитків. Саме тому автопідприємства прагнуть зменшити час простоїв завдяки підвищенню надійності двигунів, що забезпечує пропорційний зріст доступності автопарку для виконання перевезень. Структуру причин відмов можна описати в такому співвідношенні: механічні фактори (40–50 % відмов); експлуатаційні, низький рівень якості пального, зношення фільтрів тощо (15–20%); інші, помилки персоналу, випадкові події (20–30%). Механічні несправності можна розділити на групи, статистичні дані наведені в **табл. 1**.

Таблиця 1

Причини виходу з ладу ТЗ	
Причина	Відсоток, %
Відмова двигуна	34,2
Вихід з ладу трансмісії	18,5
Проблеми з електрообладнанням	12,1
Інші причини	35,2

Хоча точні статистичні дані в Україні обмежені, світовий досвід підтверджує, що найважливішими є регулярне обслуговування та діагностика двигунів.

Традиційна діагностика дизельних двигунів базується на регламентних перевірках та виконаннях технічного обслуговування залежно від пробігу або попередньо визначеного терміну напрацювань. Передбачає контроль мастила, фільтрів, стеження за рівнем рідин, поверхневу діагностику після надходження сигналу, наприклад, індикатора Check Engine. Проте для виявлення дефектів на ранніх стадіях дедалі більше використовують програмні системи моніторингу і спеціалізовані прилади. Такі системи здатні опрацьовувати телематичні дані з бортової мережі (експлуатаційні DTC-коди), а також додані датчики вібрації і температури. До прикладу, розвиток телематики останніх років дозволив збирати значні обсяги даних з автопарку й застосовувати їх у прогностичному обслуговуванні. Аналітичні платформи аналізують частотні сигнали відмов і за появою типових ознак сигналізують технічному персоналу про необхідність перевірки конкретної машини. Отже, ефективний моніторинг технічного стану кожного окремого автомобіля може підвищити безпеку і продуктивність його роботи.

Надійні методи діагностики дозволяють своєчасно виявляти дефекти ТЗ.

Основні завдання транспортної телематики в діагностиці технічного стану ТЗ полягають у віддаленому моніторингу ТЗ та своєчасному виявленні несправностей. Телематичні системи збирають та передають на сервер дані з усіх бортових датчиків і з портів діагностики автомобіля. На основі цих даних система одразу формує сповіщення про появу збоїв чи необхідність техобслуговування, що дозволяє керівникам та водіям оперативно реагувати й уникати аварійних ситуацій. Завдяки впровадженню телематики підвищується безпека руху та оптимізується робота автопарку. До прикладу, водієві може бути надіслане попередження про ризиковані маневри або наближення до граничного ресурсу двигуна, що дозволяє вчасно провести профілактику.

Технічні засоби телематики включають GPS/GLONASS-модулі, промислові контролери (трекери), різні типи датчиків і програмні платформи для збору та аналізу даних. Зазвичай пристрій телематики приєднують до бортової

мережі автомобіля (до CAN-шини або до діагностичного OBD-II-порту) і з нього зчитують параметри з датчиків. Наприклад, витрату та рівень пального в баку, температуру і тиск мастила у двигуні, швидкість, кут повороту коліс тощо. Зібрані дані передаються через мобільний чи супутниковий зв'язок на IoT-платформу, де їх обробляють спеціалізовані програми. Такі платформи (комерційні чи власні) забезпечують інтерфейси з детальними звітами, графіками і попередженнями. Приміром, в Україні існує телематична платформа Metrix повністю вітчизняної розробки, а також сервіси на кшталт My Geotab, Linco Trust Track тощо, які підтримують інтеграцію з різним обладнанням та автоматично генерують діагностичні звіти. Приклади впровадження телематики в Україні демонструють ефективність системи. Так, державний оператор «Укртелеком» обладнав свій автопарк (~3500 автомобілів) GPS-трекерами Sky River (платформа Skyfleet). У результаті моніторингу роботи машин було досягнуто приблизно 20% економії пального вже за перший квартал використання системи. Подібні системи використовують також інші великі українські компанії – зокрема логістичні оператори, транспортні фірми, спецтехніка комунальних чи промислових підприємств і залізничні перевізники. Наприклад, на залізничному транспорті телематичні рішення дозволяють контролювати витрату пального локомотивів, фіксувати години роботи двигунів і вчасно виявляти несправності. Завдяки цьому значно скорочується простій техніки і прискорюється обслуговування рухомого складу.

Телематика дає суттєвий економічний ефект. Згідно з галузевими даними, оптимізація маршрутів та контроль режиму руху з допомогою GPS-системи може забезпечити до ~30% економії палива. Одночасно віддалене спостереження за технічним станом та своєчасні діагностичні сповіщення дозволяють скоротити витрати на ремонт і техобслуговування (до 25–30%). У згаданому прикладі «Укртелекому» саме завдяки GPS-моніторингу вдалося зменшити витрати пального на 20%. Крім того, аналіз даних поведінку водіїв (перевищення швидкості, різке гальмування тощо) допомагає продовжити ресурс автомобілів і підвищити безпеку. Віддалена діагностика відразу фіксує перевантаження чи помилки в роботі систем, що зменшує кількість

аварій та простоїв транспорту. Інвестиції в телематику швидко окупуються, зменшуються експлуатаційні витрати і значно підвищується ефективність і продуктивність роботи автопарку.

Поєднання технічних засобів телематики та віброакустичних сенсорів, встановлених на двигуні, дозволяє віддалено фіксувати ресурс двигуна загалом та його підсистем зокрема.

Структурну схему проведення діагностики показано на **рис. 1**.

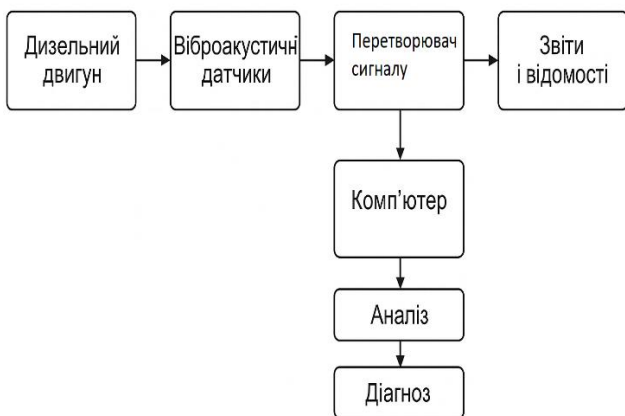


Рис. 1. Структурна схема проведення віброакустичної діагностики

Віброакустична діагностика, яка ґрунтується на аналізі вібраційних та акустичних сигналів, демонструє вищу чутливість порівняно із загальноприйнятими методами (наприклад, контролем температури чи тиску мастила). Встановлено, що віброакустичні підходи дають найбільш точні та об'єктивні результати в діагностиці технічного стану двигуна. На ранніх стадіях проблеми двигуна супроводжуються змінами у вібраційному спектрі частот (дисбаланс, люфти, підвищення зазорів у спряженнях деталей). Використання спектрального аналізу сигналів дозволяє автоматично визначати характер дефекту [2]. Приміром, система віброакустичної діагностики комплементарна до бортової

діагностики може виявляти несправності газорозподільчого механізму, ЦППГ або елементів трансмісії, аналізуючи модель вібраційних сигналів двигуна.

Варто зазначити, що підвищення ефективності діагностики впливає на організацію технічного обслуговування. Перехід від жорсткого графіка ТО до умовно-залежного обслуговування (СВМ) дозволяє зменшити непотрібні заміни агрегатів і скоротити простій. Це підтверджено експериментальними даними. Застосування прогнозних систем із телематики дає змогу збільшити доступність автопарку з менше ніж 85 % до понад 95 %. Це означає реальне отримання сотень додаткових машиноднів без зростання кількості одиниць техніки.

Серед сучасних приладів діагностування центральне місце займають портативні віброакустичні прилади. Їхнє використання дозволяє збирати дані про стан двигуна без розбирання чи вилучення техніки з експлуатації. Такі прилади мають декілька каналів для під'єднання трьохосового акселерометра та тахометра, вбудований стробоскоп і термодатчик, що полегшує комплексну діагностику [3]. Наприклад, портативний віброаналізатор VA3 Pro (**рис. 2**) забезпечує одно- чи двоплощинне балансування і має експертний модуль FASIT для автоматичного виявлення основних дефектів (дисбалансу, ослаблення опор, руйнування підшипників). Цей пристрій дозволяє оперативно вимірювати вібраційні сигнали та автоматично інтерпретувати їх у модулі вимірювання автодіагностики та стробоскопу. Використання таких пристроїв у польових умовах дозволяє реалізувати програми безперервного моніторингу, що підвищує безпеку і продуктивність транспортного засобу.

Поєднання таких приладів із хмарними IoT-платформами відкриває можливості для цілодобового дистанційного моніторингу. Наприклад, методи діагностики, що ґрунтуються на аналізі вібраційних моделей двигуна, дають змогу ідентифікувати механічні дефекти двигуна чи трансмісії.



Рис. 2. Портативний віброаналізатор VA3 Pro (компанія Adash)

Побудова ефективної системи моніторингу на АТП вимагає інтеграції обладнання (датчики вібрації, акустичні сенсори, термодатчики тиску), комунікаційної мережі (LTE/5G, Wi-Fi) і аналітичної ІТ-інфраструктури (сервери, SCADA, аналітичні модулі). Під'єднані до мережі обчислювальні центри аналізують поточні дані й сигналізують про аномалії чи наближення до критичних значень. Таке рішення є прикладом впровадження індустрії 4.0 у транспортну галузь. Завдяки цьому оператори отримують дані про стан двигунів у реальному часі і можуть переходити від реактивного ремонту до сервісу за фактичними показниками (CBM). Згідно з дослідженнями, впровадження телематики та масової сенсоризації дозволило підприємствам збирати великі обсяги даних з автопарку та ефективно їх аналізувати для профілактичного обслуговування.

Підвищення надійності двигунів прямо позначається на економічних показниках підприємства. По-перше, знижується кількість незапланованих ремонтів і пов'язані з ними витрати на запасні частини та роботи (затрати праці, простой спеціалістів). Для прикладу, за оцінками дослідників, кожний день простою вантажівки може коштувати від 448 до 760 дол. США залежно від характеру ремонту. Зменшення частоти таких простоїв на 10–20 % дозволяє підприємству заощаджувати значні кошти. По-друге, зростає продуктивність перевезень, більша частка часу роботи автопарку на маршрутах замість очікування ремонту збільшує загальний обсяг перевезених вантажів [4].

Навіть кілька відсотків такого збільшення (протягом року) дають суттєві економічні вигоди.

Введення в експлуатацію систем моніторингу технічного стану також дозволяє оптимізувати графіки ТО, вибираючи час ремонту «за фактом» несправності, а не за формальними пробігами. Це знижує інтенсивність поломок техніки й дає можливість уникнути передчасної заміни компонентів. Крім того, знижується ризик аварійних ситуацій на дорозі, що важливо для безпеки (зменшуються і можливі штрафні санкції). У результаті сумарний ефект підвищення надійності та ефективності полягає в більшій транспортній здатності підприємства при тих же ресурсах, тобто економії на паливі, ремонті та інших операційних витратах. За світовими оцінками, кожні 100 \$ інвестицій у передові діагностичні засоби повертаються за рахунок зменшення простоїв та витрат щонайменше вдвічі. Узагальнені статистичні дані відмов двигунів наведені в **табл. 2**.

Для ефективного функціонування системи діагностики технічного стану транспортних засобів на базі АТП доцільно реалізувати поетапну інтеграцію апаратно-програмного комплексу в наявну інфраструктуру технічного обслуговування.

1. *Аналіз та вибір обладнання.* Визначення типів приладів, портативні аналізатори вібрацій (VA-3 Pro, SKF Microlog), акустичні сенсори, температурні зонди, тензодатчики. Підбір програмного забезпечення для обробки сигналів, таких як Adash DDS або SKF Enlight.
2. *Оснащення діагностичних постів.*

Організація стаціонарних або мобільних точок з під'єднанням до серверу збору даних. Оснащення кожного посту ноутбуком або планшетом із необхідним ПЗ та інтерфейсами під'єднання до сенсорів (USB, Bluetooth, CAN).

3. *Навчання персоналу.* Проведення тренінгів для інженерів, механіків та ІТ-фахівців щодо інтерпретації вібросигналів, побудови спектротрограм, роботи з шаблонами дефектів.

4. *Розгортання системи моніторингу.* Установка діагностичних маршрутів, частоти сканувань та автоматичної синхронізації з базою даних підприємства (1С, Excel, ERP). Розробка шаблонів звітів та діаграм з інтерпретацією результатів.

5. *Інтеграція в систему технічного обліку.* Автоматичне формування заявок на ТО в разі виявлення відхилень. Побудова графіків ресурсу агрегатів на основі зносу.

6. *Аналітика та оптимізація.* Регулярна перевірка ефективності впровадження, зниження кількості аварій, зменшення витрат, скорочення часу простоїв. Структурна схема впровадження моніторингу відображена на (рис. 3).

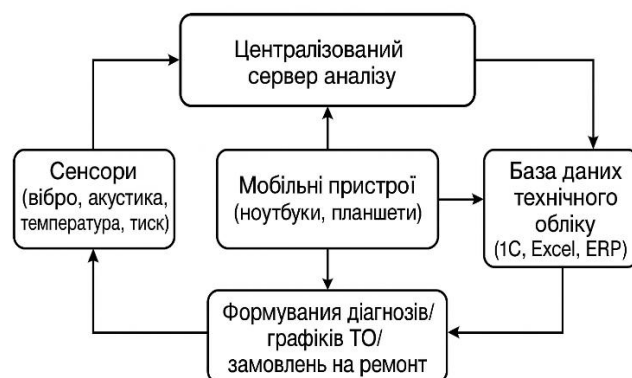


Рис. 3. Структурна схема інтеграції системи моніторингу технічного стану ТЗ на АТП

Таблиця 2

Порівняння експлуатаційних показників до та після впровадження діагностики

Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна, %
Середня тривалість простою, год.	11,2	6,4	-42,9
Частота відмов двигунів, %/міс.	3,8	2,1	-44,7
Частота звернень на СТО, раз/міс.	14	9	-35,7
Відсоток аварій, спричинених двигуном	27	16	-40,7

Інтеграція такої системи дозволяє перейти до концепції обслуговування «за станом» (condition-based maintenance), що є ефективнішою за традиційний підхід «за пробігом». Це забезпечує зменшення непередбачуваних відмов, підвищує рівень безпеки, покращує планування логістичних операцій і сприяє довгостроковому зниженню витрат АТП.

Комунальне підприємство «Київпастрас» (2021–2024 рр.) після оновлення технічного парку та впровадження систем віброакустичного моніторингу (SKF Microlog, Adash VA-3 Pro), отримали зменшення простоїв і відмов на понад 30% [5].

Також було реалізовано інтеграцію із системою обліку техобслуговування (на базі 1С). АТП ТОВ «Захід-Транс», Львівська обл. тестували мобільні віброаналітичні комплекси VA-3 Pro на дизельних автобусах МАЗ та МАН. Зафіксовано скорочення часу діагностики вкладишів і підшипників майже вдвічі, зменшення аварійності до 2,3% [6]

Висновки

Проаналізувавши попередньо викладений матеріал, можна дійти висновку, що підвищення експлуатаційної надійності двигунів безпосередньо зменшує кількість і тривалість простоїв автотранспорту, що підвищує ефективність перевезень. Навіть незначне зростання надійності дозволяє значно знизити збитки від

незапланованих поломок, що еквівалентно збільшенню автопарку та зменшує накладні витрати.

Використання віброакустичних методів та сучасних портативних приладів для діагностики двигунів дозволяє виявляти дефекти на ранніх стадіях. Це забезпечує більш точне та своєчасне обслуговування (умовно-залежне ТО), порівняно з традиційними методами. Зокрема, віброакустичні методи демонструють високу точність у визначенні технічного стану двигуна і дозволяють аналізувати широкий спектр несправностей (від дисбалансу до дефектів ГРМ, ЦПГ та паливної системи).

Інтеграція віброакустичних систем з інформаційними технологіями (телематика, хмара) дає змогу організувати цілодобовий моніторинг стану автотранспорту. Така організація технічного обслуговування (СВМ) сприяє зростанню доступності парку та зменшенню операційних витрат. Наприклад, впровадження прогнозованого обслуговування підвищує середню готовність транспорту з <85% до ~95%. Це особливо важливо для великих автопарків, де навіть невеликі покращення суттєво впливають на фінансові показники [7].

Для автотранспортних підприємств доцільно створювати системи моніторингу технічного стану рухомого складу, що поєднують віброакустичні сенсори, бортову діагностику та ІТ-інфраструктуру (хмарні сервіси, аналітичне ПЗ). Необхідно інвестувати в навчання персоналу з інтерпретації діагностичних даних та вибирати стандартизовані рішення (наприклад, DDS від Adash). Впровадження віброакустичних систем (VA-3 Pro, SKF Microlog) дозволяє на 30–40% швидше виявляти критичні дефекти. Ключовим є також регулярний аналіз зібраних даних і корекція стратегій ТО на основі інформації про несправності ТЗ. Результати КП «Київпастрас» і ТОВ «Захід-Транс» свідчать про зниження аварійних зупинок до 50%.

Отже, покращення експлуатаційної надійності двигунів, через сучасну діагностику і моніторинг істотно підвищує ефективність транспортних процесів та забезпечує стабільність функціонування рухомого складу автомобільного транспорту. Інвестування у віброакустичні методи й

інтегровані СВМ-системи дозволяє забезпечити безперебійну роботу автопарку та зменшити витрати підприємства. Перспективним напрямом для розвитку є подальше впровадження автоматизованої діагностики з використанням діагностичного обладнання, IoT та штучного інтелекту.

References

1. Bilichenko V. V., Matviichuk D. M. (2025). Determination of the Theoretical Relationship between Diagnostic Parameters and the Reliability of Diesel Engines. PhD thesis // Materials of the XII-th international scientific and technical internet-conference Problem and prospects of development of automobile transport. P.57-61. ISBN 978-617-8163-47-1
2. Elamin F. H. (2013). Fault detection and diagnosis in heavy duty diesel engines using acoustic emission. PhD thesis // University of Huddersfield, UK, 200.
3. Komorska I. A. (2013). Vibroacoustic diagnostic system as an element improving road transport safety // Int. J. Occup. Saf. Ergon, 19, №3, 371–385 (DOI:10.1080/10803548.2013.11076994)
4. Bilichenko V. V., Matviichuk D. M. (2025). Overview of modern vibroacoustic methods for monitoring noise of diesel engines with a view to further use in simulating the engine working process, 2025 1(24), 138-146
5. Kyiv City Council. (2023). Report on the efficiency of technical re-equipment of the municipal enterprise 'Kyivpastrans' [Electronic resource]. – Retrieved from: <https://kyivcity.gov.ua>
6. Lviv Polytechnic National University. (2022). Protocols of the implementation of diagnostic support at LLC "Zakhid-Trans", Lviv region. Proceedings of the Scientific and Practical Seminar of Lviv Polytechnic National University, 2022.
7. Thiruvengadam A., Besch M., Thiruvengadam P., et al. (2014). Heavy-duty vehicle diesel engine efficiency evaluation and energy audit // International Council on Clean Transportation (ICCT) Report, Washington, DC, 132