УДК 629.2:004.942

І.О. Хітров, С.В. Клімов
Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У роботі обґрунтовано методологічний підхід до інтелектуального контролю технічного стану транспортних засобів у процесі експлуатації. Проаналізовано традиційні методи діагностики та визначено їх обмеження щодо оперативності і достовірності виявлення відмовних станів. Запропоновано використання інформативних діагностичних параметрів та інтелектуальних методів обробки даних для ідентифікації та прогнозування технічного стану і прийняття рішень. Очікуваним результатом є підвищення надійності, безпеки та ефективності експлуатації транспортних засобів.

***Ключові слова**: технічний стан, транспортні засоби, інтелектуальний контроль, діагностика, прогнозування, моніторинг, прийняття рішень.*

The paper substantiates a methodological approach to intelligent monitoring of the technical condition of vehicles during operation. Traditional diagnostic methods are analyzed, and their limitations in terms of promptness and reliability of failure detection are identified. The use of informative diagnostic parameters and intelligent data processing methods for the identification and prediction of technical condition, as well as decision-making, is proposed. The expected outcome is an improvement in the reliability, safety, and operational efficiency of vehicles.

***Key words**: technical condition, vehicles, intelligent monitoring, diagnostics, prediction, monitoring, decision-making.*

Сучасний етап розвитку автомобільного транспорту характеризується зростанням інтенсивності перевезень, ускладненням конструкції транспортних засобів та підвищенням вимог до їх надійності, безпеки та економічності експлуатації. У цих умовах особливого значення набуває забезпечення належного технічного стану автомобільних транспортних засобів протягом усього періоду їх експлуатації [1, 2]. Від своєчасності та достовірності контролю технічного стану залежить ефективність функціонування транспортних систем, рівень безпеки перевезень, витрати на технічне обслуговування та ремонт, а також загальна експлуатаційна надійність транспортних засобів [3].

Традиційні методи контролю технічного стану, що базуються на регламентних перевірках і періодичній діагностиці, не завжди забезпечують оперативне виявлення початкових стадій відмов і деградації елементів транспортного засобу. Це зумовлює необхідність впровадження нових підходів, які дозволяють здійснювати безперервний або наближений до реального часу моніторинг параметрів функціонування систем і агрегатів автомобільних транспортних засобів. У цьому контексті інтелектуальні методи контролю, що ґрунтуються на використанні алгоритмів аналізу даних, моделей технічного стану та систем підтримки прийняття рішень, відкривають нові можливості для підвищення ефективності управління експлуатаційними процесами.

У зв’язку з цим виникає необхідність розроблення та застосування інтелектуальних методів контролю, які дозволяють здійснювати безперервний моніторинг діагностичних параметрів, аналізувати отримані дані та формувати обґрунтовані рішення щодо технічного стану транспортного засобу. Такі методи повинні забезпечувати можливість виявлення відхилень від нормального функціонування, ідентифікації технічного стану, прогнозування розвитку несправностей та підтримки прийняття рішень щодо подальшої експлуатації, технічного обслуговування або ремонту [3-8].

Для досягнення поставленої задачі необхідно вирішити такі часткові завдання: проаналізувати існуючі методи контролю та діагностики технічного стану автомобільних транспортних засобів; визначити інформативні діагностичні параметри, що характеризують технічний стан основних систем транспортного засобу; обґрунтувати застосування інтелектуальних методів обробки та аналізу діагностичної інформації; розробити модель інтелектуального контролю технічного стану транспортного засобу; сформувати підхід до підтримки прийняття рішень щодо управління технічним станом транспортного засобу на основі результатів контролю [4].

Контроль технічного стану автомобільних транспортних засобів у процесі експлуатації – це сукупність організаційних, технічних та інформаційно-аналітичних заходів, спрямованих на отримання та обробку діагностичних параметрів, що характеризують працездатність і справність

систем транспортного засобу, з метою своєчасного виявлення несправностей, оцінювання рівня працездатності та підтримки прийняття рішень щодо подальшої безпечної та ефективної експлуатації.

Обрана методика контролю технічного стану автомобільних транспортних засобів передбачає комплексний підхід, який включає аналіз існуючих методів контролю та діагностики, визначення інформативних діагностичних параметрів, застосування сучасних методів обробки та аналізу діагностичної інформації, розроблення моделі інтелектуального контролю та формування підходу до підтримки прийняття управлінських рішень. Такий підхід дозволяє підвищити достовірність оцінювання технічного стану, забезпечити своєчасне виявлення відхилень у функціонуванні транспортного засобу та підвищити ефективність управління його технічною експлуатацією і реалізується через:

1. Аналіз існуючих методів контролю та діагностики технічного стану автомобільних транспортних засобів

Розкриття цього завдання передбачає систематизацію та класифікацію сучасних методів контролю технічного стану транспортних засобів відповідно до принципів отримання та обробки діагностичної інформації. Зокрема, розглядаються методи візуального контролю, інструментальної перевірки, параметричної діагностики, функціональної діагностики, а також методи, що базуються на використанні електронних бортових систем діагностики та телематичних засобів моніторингу.

У процесі аналізу визначаються основні характеристики кожного методу, включаючи точність, оперативність, трудомісткість, ступінь автоматизації та можливість використання в умовах реальної експлуатації. Особлива увага приділяється оцінюванню здатності існуючих методів забезпечувати раннє виявлення несправностей і формування об’єктивної оцінки технічного стану транспортного засобу. Результатом виконання цього завдання є визначення переваг і недоліків існуючих методів та обґрунтування необхідності застосування інтелектуальних підходів до контролю.

2. Вибір інформативних діагностичних параметрів, що характеризують технічний стан основних систем транспортного засобу

Виконання цього завдання полягає у встановленні переліку параметрів, які найбільш повно і достовірно відображають технічний стан основних функціональних систем транспортного засобу. Для цього проводиться аналіз фізичних процесів функціонування агрегатів і вузлів, а також закономірностей зміни їх параметрів у процесі експлуатації та зношування.

До інформативних параметрів належать, зокрема, температурні режими роботи агрегатів, тиск робочих рідин, частота обертання валів, показники витрати палива, рівень вібрацій, електричні параметри, а також параметри, що характеризують ефективність гальмування та стійкість руху. У результаті визначається система діагностичних показників, яка може бути використана як інформаційна основа для оцінювання та прогнозування технічного стану транспортного засобу.

3. Обґрунтування застосування інтелектуальних методів обробки та аналізу діагностичної інформації

Зміст цього завдання полягає у визначенні можливостей використання інтелектуальних методів для підвищення ефективності аналізу діагностичних даних. Це включає застосування методів статистичного аналізу, математичного моделювання, алгоритмів класифікації, розпізнавання станів та прогнозування технічного стану.

Обґрунтування базується на порівнянні традиційних і інтелектуальних методів обробки інформації за критеріями точності, швидкості обробки, адаптивності та можливості автоматизації. Визначається, що інтелектуальні методи дозволяють виявляти складні взаємозв’язки між параметрами, ідентифікувати передвідмовні стани та прогнозувати зміну технічного стану на основі аналізу накопичених даних. Результатом є формування науково обґрунтованої основи для використання інтелектуальних систем контролю.

4. Розробки моделі інтелектуального контролю технічного стану транспортного засобу

Реалізація цього завдання передбачає створення формалізованого опису процесу контролю технічного стану, який включає основні функціональні елементи та їх взаємозв’язки. Модель охоплює етапи збору діагностичної інформації, її попередньої обробки, аналізу, ідентифікації технічного стану та формування результатів контролю.

У межах моделі визначаються вхідні параметри, алгоритми їх обробки, критерії оцінювання технічного стану та вихідні результати, що характеризують рівень працездатності транспортного засобу. Розроблена модель створює основу для реалізації інтелектуальної системи контролю, яка може бути використана в умовах реальної експлуатації транспортних засобів.

5. Формування підходу до підтримки прийняття рішень щодо управління технічним станом транспортного засобу на основі результатів контролю

Зміст цього завдання полягає у розробленні методичного підходу до використання результатів інтелектуального контролю для формування управлінських рішень. Це передбачає визначення критеріїв оцінювання технічного стану, встановлення допустимих і граничних значень діагностичних параметрів, а також розроблення алгоритмів класифікації технічного стану.

На основі отриманих результатів формується інформаційна база для прийняття рішень щодо продовження експлуатації транспортного засобу, проведення технічного обслуговування або ремонту. Запропонований підхід забезпечує підвищення обґрунтованості управлінських рішень, зниження ризику виникнення відмов та підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів.

Таким чином, висвітлення обраної методики спрямоване на обґрунтування її структури, визначення основних етапів реалізації та встановлення взаємозв'язків між процесами отримання, обробки та використання діагностичної інформації для забезпечення ефективного контролю технічного стану автомобільних транспортних засобів у процесі експлуатації.

Очікуваний ефект від впровадження інтелектуальних методів контролю технічного стану полягає в комплексному підвищенні надійності, безпеки та економічної ефективності використання транспортних засобів, а також у створенні основи для впровадження сучасних систем технічного моніторингу та підтримки прийняття рішень у реальному часі.

[1] Хітров І. О. Наукові передумови формування системи технічного сервісу транспортних засобів. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2022. №2 (19). С. 214-220. https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.920.

[2] Сучасні технології в технічній експлуатації автомобілів / Онищук В. та ін. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2019. Вип. 2(13), С. 30-37. https://doi.org/10.36910/automash.v2i13.85.

[3] Хітров, І. О. Дослідження впливу конструктивної надійності і безпечності транспортного засобу для здійснення перевезень та пристосованості до технічного обслуговування. *Центральноукраїнський науковий вісник*. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. Вип. 8(39). Ч. 2. С. 214-222. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.214-222.

[4] Мигаль В. Д., Аргун Щ. В., Гнатов А. В., Гнатова Г. А., Сохін П. А. Інтелектуальне діагностування транспортних засобів. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. 2022/ Вип. 22. С. 72-80. https://doi.org/10.30977/VEIT.2022.22.0.5.

[5] Hossain M. N., Rahman M. M., Ramasamy D. Advances in intelligent vehicular health monitoring and fault diagnosis: Techniques, technologies, and future directions. Measurement. 2025. Vol. 253. Part B. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.117618.

[6] Agarwal A., Desai A. Vehicle health inspections in the digital age: harnessing auto diagnostics for proactive maintenance. International journal of next-generation engineering and technology. 2025. Vol. 02, Issue. 06, pp. 14-21. https://doi.org/10.55640/ijnget-v02i06-03.

[7] Aissani S., Omar M., Hamouid K. A Comprehensive Review of Predictive Maintenance Technologies for Vehicle Reliability. International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, Dec 2024, Las Vegas, United States. https://hal.science/hal-04911822v1.

[8] Хітров І .О., Гавриш В. С. Ремонт машин і обладнання : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2012. 184 с. http://ep3.nuwm.edu.ua/2214/1/721022%20zah.pdf

ХІТРОВ Ігор Олександрович – к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: i.o.khitrov@nuwm.edu.ua.

Ihor KHITROV, PhD, Associate Professor, Acting Head of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: i.o.khitrov@nuwm.edu.ua.

КЛІМОВ Сергій Васильович – к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: s.v.klimov@nuwm.edu.ua.

Serhii KLIMOV, PhD, Associate Professor of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, e-mail: s.v.klimov@nuwm.edu.ua.