

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

МАГІСТЕРСКА РОБОТА

на тему: **«Дослідження розвитку системи діагностування
автотранспортних засобів»**

Виконав:

ст. гр. АТ-23М

В.В. Зоцак

Керівник: канд. техн. наук, доц.

О.Д. Почужевський

Завідувач кафедрою АТ

докт. техн. наук, проф.

Ю.А. Монастирський

Кривий Ріг

2024 р.



ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ



РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи «Дослідження розвитку системи діагностування автотранспортних засобів».

Зібрати та дослідити матеріал щодо різних види діагностики автомобіля які з находилися раніше та зараз використовують в цей час.

Досліджено та здійснено аналіз що в кінець XIX та початок XX століття ознаменувалися значними досягненнями в галузі техніки, зокрема автомобілебудування, що сприяло виникненню нових підходів до технічного діагностування транспортних засобів. Сьогодні розвиток діагностичних технологій спрямований на створення інтелектуальних систем моніторингу, які дозволять виявляти несправності ще до їх прояву, забезпечуючи високу надійність транспортних засобів.

Розроблена математична модель та обґрунтовані оціночні показники коефіцієнта технічної готовності автомобіля.

Сформований подальший розвиток та рекомендації з покращення ефективності в діагностики автомобіля.



ЗМІСТ

- РЕФЕРАТ 3
- ВСТУП..... 5
- РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ СТАНУ З ПИТАННЯ 8
 - 1.1 Початок автомобілебудування 8
 - 1.2 Історія розвитку діагностики автомобіля в ХХ ст..... 10
 - 1.3 Поява, розвиток і вплив Malfunction indicator lamp (MIL) на діагностичне обслуговування автомобілів 13
- РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕНЬ ... 17
 - 2.1 МАТЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ АВТОМОБІЛЯ..... 17
 - 2.2 вибір вихідних даних та коригування норм для рухомого складу 20
 - 2.3 Перспективний та актуальний напрямок розвитку діагностики 31
- Розділ 3: ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ КУЗОВА ВІД КОРЗІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ 49
 - 3.1 Вимірювання корозії транспортних засобів у режимі реального часу за допомогою електрохімічної захисту 49
 - 3.2 Різні методи захисту автомобіля від корозії 55
 - 3.3 Цілеспрямований антикорозійний захист 58
 - 3.4 Впровадження штучний інтелект на АТЗ для відстежування стану автомобіля в реальному часі..... 61
- 4 ОХОРОНА ПРАЦІ 72
- ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 82
- ВИКОРЕСТАНІ ДЖЕРЕЛА 83



ВСТУП

Зі зростанням складності сучасних автомобільних систем зростає й важливість своєчасної діагностики їхнього технічного стану. Системи керування двигуном, трансмісія, підвіска, системи безпеки та інші компоненти потребують регулярного моніторингу для забезпечення надійної роботи автомобіля та зниження ризиків несправностей. Традиційні методи діагностики, що передбачають періодичний огляд автомобіля на сервісних станціях, вже не задовольняють повною мірою потреби користувачів, оскільки не завжди дозволяють вчасно виявити проблеми, що можуть призвести до серйозних поломок.

Діагностика автомобіля в реальному часі є одним із перспективних напрямів розвитку автомобільної індустрії. Вона забезпечує безперервний збір та аналіз даних про стан транспортного засобу, що дозволяє миттєво виявляти відхилення у роботі систем та запобігати потенційним несправностям. Завдяки датчикам, обробці великих даних та машинному навчанню з'являються нові можливості для реалізації діагностики, що працює у режимі реального часу та адаптується під індивідуальні особливості кожного автомобіля.

Дослідження діагностики автомобіля в реальному часі охоплює різні аспекти, включаючи методи збору, обробки та аналізу даних, а також використання сучасних датчиків та програмного забезпечення для виявлення аномалій. Це дозволяє підвищити ефективність технічного обслуговування та знизити експлуатаційні витрати, водночас покращуючи безпеку та комфорт водія.

Отже загальна мета роботи – формування методу дистанційного визначення технічного стану автотранспортного засобу.

Об'єктом дослідження автотранспортний засіб.

Предметом системи, вузли та агрегати автотранспортного засобу.

Для цього сформовані завдання досліджень:

1. Зібрати та дослідити матеріал щодо різних видів діагностики



автомобіля які з находилися раніше та зараз використовують в цей час.

2. Розробити математичну модель для проведення досліджень та обґрунтувати оціночні показники, що визначають ефективність коефіцієнта технічної готовності автомобіля та збільшити цей показник.

3. Сформувані рекомендації щодо перспектив подальшого розвитку діагностика та захист від корозії автомобіля з впровадженням штучного інтелекту.

До використаних методів дослідження входять: описовий аналіз технічної документації автотранспортних засобів, а також аналітичний, статистичний і порівняльний аналіз. Кожен із цих підходів забезпечує детальний огляд, обробку та порівняння технічних стану автомобіля, що дозволяє глибше зрозуміти особливості та ефективність різних діагностичних датчиків.

Наукова новизна

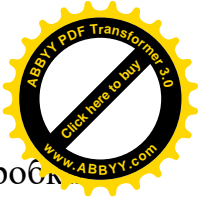
1. Проведено детальний статистичний аналіз нових діагностичних датчиків та штучного інтелекту, які можна використовувати для діагностики авто в реальному часі та захист від корозії . Цей аналіз дозволяє краще зрозуміти технічні особливості різних деталей авто та їхній вплив на загальну ефективність транспортних засобів.

2. Розроблено математичний апарат для визначення рівня коефіцієнта технічної готовності та покращення цього ефекту завдяки зменшенню часу на простої автомобіля під час діагностики та ремонту.

3. Сформульовано рекомендації, спрямовані на підвищення ефективності автотранспортних засобів, з урахуванням новітніх технологій та інноваційних рішень. Ці рекомендації охоплюють різні аспекти вдосконалення та сприяють покращенню продуктивності й надійності транспортних засобів.

Апробація

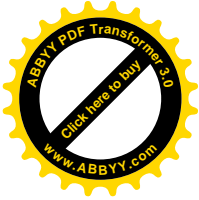
1. Почужевський О.Д. к.т.н., доц., Зошак В. студ КНУ «Дослідження розвитку системи діагностування автотранспортних засобів» XXII



Міжнародній конференції молодих вчених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ», яка відбудеться 24 жовтня 2024 року, м. Дніпро

2. Почужевський О.Д. к.т.н., доц., Зошак В. студ КНУ «Огляд інноваційних методів технічної і комп'ютерної діагностики автотранспортних засобів» Всеукраїнська науково-технічна конференція «Шляхи вирішення проблем експлуатації спеціалізованих автотранспортних засобів», Криворізький національний університет, 24 жовтня 2024р., м. Кривий Ріг

3. Почужевський О.Д., Веснін А.В. к.т.н., доц., Зошак В. студ КНУ «Автотранспортний засіб як джерело електромагнітних випромінювань» Матеріали XII Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 16-18 квітня 2024 року : збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – (PDF, 360 с.) С.259-261



РОЗДІЛ 1: АНАЛІЗ СТАНУ З ПИТАННЯ

1.1 Початок автомобілебудування

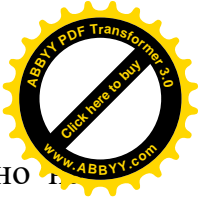
Кінець XIX століття ознаменувався революційними змінами в галузі техніки та інженерії. Розвиток парових машин, впровадження електрики та винахід двигунів внутрішнього згорання значно вплинули на всі сфери суспільного життя, включаючи транспорт. Однією з ключових подій цього періоду стала розробка першого автомобіля з двигуном внутрішнього згорання Карлом Бенцом у 1885 році. Автомобіль Benz Patent-Motorwagen став не лише технологічним досягненням свого часу, але й зумовив необхідність розробки нових підходів до технічного обслуговування.

Технічне обслуговування, як самостійна дисципліна, знаходилося на початковому етапі розвитку. Умови експлуатації механізмів та машин вимагали регулярного догляду та підтримки їх у робочому стані, оскільки недосконалість технологій призводила до швидкого зношування деталей. Бенц, як один із піонерів автомобілебудування, не лише винайшов транспортний засіб, а й вперше зіткнувся з проблемами його обслуговування та підтримки.

Технічне обслуговування в контексті кінця XIX століття було нерозривно пов'язане з машинобудуванням і полягало у низці процедур, що мали на меті забезпечення надійної експлуатації механізмів. Оскільки перші автомобілі були технічно складними та інноваційними на той час, їхнє обслуговування включало ряд ключових напрямів:

Обслуговування двигуна внутрішнього згорання. Двигун, винайдений Бенцом, був одним із перших одноциліндрових чотиритактних двигунів внутрішнього згорання, що працював на бензині. Його основними елементами були циліндр, поршень, карбюратор і система запалювання. Технічне обслуговування передбачало регулярну перевірку та очищення цих компонентів, змащення рухомих частин і заміну зношених елементів.

Змащення механізмів. Змащення було необхідним для запобігання передчасному зношуванню деталей та забезпечення плавності роботи



двигуна і трансмісії. У 1885 році мастильні матеріали були переважно на основі натуральних масел та жирів, які швидко втрачали свої властивості, що вимагало постійного контролю та оновлення мастил.

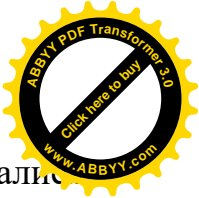
Система запалювання та її обслуговування. Ранні системи запалювання працювали на основі електричних іскор, які могли швидко вийти з ладу через забруднення свічок або порушення електричних з'єднань. Регулярне обслуговування включало очищення свічок і перевірку електричних контактів для запобігання виникненню проблем під час запуску двигуна.

Обслуговування шасі та підвіски. Перші автомобілі мали примітивну конструкцію шасі та підвіски. У випадку автомобіля Benz Patent-Motorwagen використовувалася триколісна конструкція, яка мала обмежену стійкість і вимагала регулярної перевірки стану коліс, підвіски та осей для забезпечення безпеки руху.

Обслуговування паливної системи. На той час бензин як паливо тільки починав використовуватися, і його якість не завжди була стабільною. Паливна система автомобіля складалася з паливного бака, трубопроводів та карбюратора, які потребували регулярної перевірки на наявність забруднень та витоків палива.

Перші винахідники, як-от Карл Бенц, стикалися з багатьма проблемами, які виникали під час експлуатації їхніх машин. Саме тому їхні винаходи стали основою для розробки методів технічного обслуговування, що в подальшому лягли в основу сучасних стандартів автомобільного сервісу. Бенц також розумів важливість належного догляду за транспортним засобом і надавав рекомендації власникам своїх автомобілів щодо регулярного технічного обслуговування.

Важливо зазначити, що у кінці XIX століття відсутність стандартизації процесів обслуговування і матеріалів ускладнювала експлуатацію автомобілів. Тому самі власники часто були вимушені вдаватися до імпровізацій, аби підтримувати техніку в робочому стані. Однак поступово



почали з'являтися перші спеціалізовані майстерні, які займалися обслуговуванням і ремонтом автомобілів.

1.2 Історія розвитку діагностики автомобіля в ХХ ст.

У 1920-ті роки стали періодом значних змін в автомобільній індустрії, коли автомобілі перестали бути розкішшю і почали масово використовуватися в повсякденному житті. Це був період після Першої світової війни, коли автомобільне виробництво отримало новий імпульс для розвитку. У цей час з'явилася потреба в стандартизації та впровадженні більш структурованих підходів до діагностичного обслуговування автомобілів, що забезпечувало їхню безперебійну роботу.

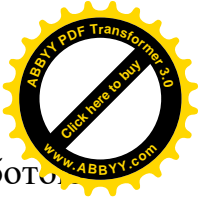
Після впровадження конвеєрного виробництва Генрі Фордом у 1913 році, автомобілі стали доступними для середнього класу. До початку 1920-х років транспортні засоби набули складнішої конструкції, що включала нові компоненти, такі як більш досконалі системи запалювання, гальм, трансмісії та електричні системи. Це призвело до зростання необхідності в кваліфікованих спеціалістах і нових інструментах для діагностичного обслуговування.

Зі зростанням кількості автомобілів і їхньої складності у 1920-х роках почали з'являтися перші спеціалізовані сервісні центри та майстерні. Автомобілі потребували регулярного обслуговування, яке не завжди могло виконуватися власником транспортного засобу через складність ремонту та необхідність спеціальних інструментів. Зростаюча потреба в діагностичного обслуговуванні сприяла формуванню інфраструктури сервісних станцій, де кваліфіковані механіки забезпечували ремонт і обслуговування автомобілів на професійному рівні.

Інструменти для діагностичного обслуговування

У 1920-х роках розвиток технічного обслуговування автомобілів привів до активного впровадження нових інструментів і засобів діагностики. Серед основних інструментів, що використовувалися в той період, були:

- Амперметр і вольтметр : Ці інструменти стали незамінними для



перевірки електричних систем автомобіля, зокрема для контролю за роботою генератора і акумулятора.

- Штангенциркуль : Використовувався для точного вимірювання деталей, таких як поршні, вали і підшипники, що дозволяло зменшити ризик поломок через зношування або неправильне збирання.

- Лінійка та інші вимірювальні інструменти: Ці базові інструменти використовувалися для контролю точності під час ремонту і регулювання різних частин автомобіля, включаючи двигун, трансмісію та шасі.

Сервісні майстерні почали використовувати стандартизовані методики для діагностики та ремонту автомобілів, що сприяло підвищенню якості обслуговування. Крім того, на початку 1920-х років виробники автомобілів почали надавати детальні інструкції з технічного обслуговування та експлуатації транспортних засобів, що полегшувало роботу майстрів.

У 1920-х роках діагностичного обслуговування автомобілів стало більш систематизованим і передбачало ряд процедур для підтримки автомобіля в належному технічному стані. Основні напрямки обслуговування включали:

Обслуговування двигуна внутрішнього згорання

До 1920-х років двигуни стали надійнішими, але все одно потребували регулярного обслуговування. Це включало перевірку стану поршнів, клапанів та системи запалювання. Регулярна заміна мастила, очищення карбюратора та перевірка свічок запалювання стали стандартною процедурою для підтримки ефективної роботи двигуна. Особливу увагу приділяли регулюванню зазорів клапанів і перевірці стану циліндрів на знос.

Електричні системи

До 1920-х років більшість автомобілів мали електричні системи, які склалися з генератора, акумулятора, системи освітлення та стартера. Для технічного обслуговування електричних систем широко використовувалися такі інструменти, як амперметр і вольтметр. Вони дозволяли проводити діагностику батареї, перевірку генератора та виправлення несправностей у



системах освітлення і запалювання.

Важливим аспектом обслуговування було підтримання зарядного стану акумулятора, що включало його періодичну зарядку і контроль рівня електроліту.

Система змащення

Змащення рухомих частин автомобіля було критично важливим для запобігання передчасному зносу. Мастильні матеріали, зокрема моторні оливи, стали більш спеціалізованими, що дозволяло використовувати їх для різних компонентів автомобіля. Широко використовувалися ручні маслянки для змащення підшипників коліс, шарнірів та інших рухомих частин.

Застосування більш якісних мастил дозволило продовжити термін служби вузлів та агрегатів автомобіля, що зменшило частоту необхідного ремонту.

Гальмівна система

У 1920-х роках автомобілі почали оснащувати більш досконаліми гальмівними системами, включаючи механічні барабанні гальма. Технічне обслуговування гальмівної системи включало регулювання гальмівних колодок, перевірку зносу гальмівних барабанів та заміну пошкоджених частин.

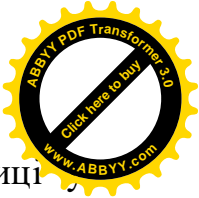
Особлива увага приділялася налаштуванню гальм для забезпечення рівномірного гальмування на всіх колесах.

Трансмісія

Автомобілі 1920-х років мали більш складні механічні трансмісії з багатоступінчастими коробками передач. Обслуговування трансмісії включало заміну оливи в коробці передач та задньому мосту, регулювання зчеплення і перевірку стану шестерень.

Регулярна перевірка механізмів трансмісії була важливою для забезпечення плавного перемикавання передач і уникнення пошкодження зубчастих передач.

Колісна база і шасі



Автомобілі початку ХХ століття зазвичай мали дерев'яні спиці колес, які вимагали регулярної перевірки на тріщини або пошкодження. У 1920-х роках сталі спиці та гумові шини стали стандартом. Технічне обслуговування передбачало перевірку тиску в шинах, балансування коліс та перевірку стану підвіски.

Підвіска автомобіля зазнавала значних навантажень через погану якість доріг, що робило регулярний огляд амортизаторів та ресор необхідним для забезпечення безпечної їзди.

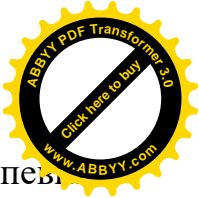
1.3 Поява, розвиток і вплив Malfunction indicator lamp (MIL) на діагностичне обслуговування автомобілів

З кінця 1970-х років автомобільна індустрія почала швидко адаптуватися до нових екологічних вимог, спричинених посиленням регуляторних стандартів у сфері контролю за викидами. Однією з основних причин посилення таких стандартів стало впровадження Закону про чисте повітря (Clean Air Act) в США у 1970 році, який визначив нові норми щодо зменшення шкідливих викидів автомобілів. Це привело до потреби в нових технологіях, які могли б ефективно моніторити роботу двигунів і систем викидів, забезпечуючи відповідність новим стандартам. Одним із таких нововведень стала система бортової діагностики та індикаторна лампа несправностей, відома як Malfunction Indicator Lamp (MIL), або Check Engine.

Malfunction Indicator Lamp вперше була представлена в автомобілях наприкінці 1970-х років як частина початкових систем On-Board Diagnostics (OBD). Ця лампа мала попереджувати водія про проблеми з двигуном або системою контролю за викидами. Коли MIL загорялася або починала блимати на панелі приладів, це вказувало на те, що бортова система виявила несправність, яка могла вимагати негайного втручання або діагностики.

Принцип роботи системи mil

Malfunction Indicator Lamp (MIL) є частиною системи бортової діагностики (OBD), яка контролює роботу різних систем автомобіля, включаючи двигун, трансмісію, паливну систему та систему викидів. MIL



сповіщає водія про несправність, коли система діагностики фіксує певні проблеми в роботі автомобіля. На ранніх етапах (в кінці 1970-х — 1980-х років) функціонал МІЛ був обмеженим, і вона загорялася лише в разі серйозних проблем із двигуном або системою викидів. З розвитком системи OBD функції МІЛ значно розширилися.

Основні компоненти системи OBD-I, до якої належить МІЛ, включали:

Датчики та виконавчі механізми: Датчики розташовувалися в різних вузлах автомобіля та передавали інформацію на бортовий комп'ютер. До таких датчиків належали датчики кисню, масової витрати повітря, температури охолоджувальної рідини тощо.

Бортовий комп'ютер: Цей центральний елемент системи збирав дані від датчиків і обробляв їх для визначення можливих несправностей або відхилень від нормальних показників роботи.

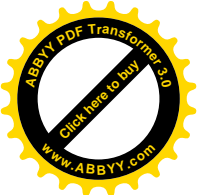
Malfunction Indicator Lamp (MIL): Якщо бортовий комп'ютер виявляв відхилення від норми або несправності, він активував МІЛ, щоб попередити водія про необхідність проведення діагностики.

Лампа могла світитися постійно або блимати в залежності від характеру проблеми. Постійне світіння МІЛ зазвичай вказувало на несправність, яка вимагала негайного обслуговування, наприклад, проблеми із системою викидів або неправильне функціонування паливної системи. Блимання ж означало серйознішу проблему, наприклад, пропуски запалювання, які могли призвести до пошкодження каталітичного нейтралізатора.

Вплив МІЛ на технічне обслуговування автомобілів

Впровадження Malfunction Indicator Lamp (MIL) мало значний вплив на процес технічного обслуговування автомобілів. Основна мета системи полягала в тому, щоб забезпечити раннє виявлення проблем та попередити серйозніші поломки, а також допомогти механікам у діагностиці.

Швидка ідентифікація несправностей: МІЛ дозволила водіям вчасно отримувати попередження про проблеми з автомобілем, що дозволило



швидше виявляти та виправляти несправності. Це зменшувало ризик серйозних пошкоджень, які могли виникнути через ігнорування незначних проблем.

Діагностика та ремонт: У 1980-х роках для технічного обслуговування автомобілів почали активно використовувати спеціальні діагностичні сканери, які підключалися до бортової діагностичної системи OBD і дозволяли механікам зчитувати коди помилок, що зберігалися в комп'ютері автомобіля. Кожен код відповідав певній несправності, що дозволяло механікам швидко визначити джерело проблеми.

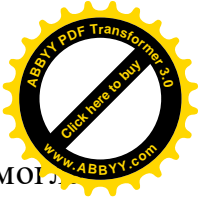
Підвищення ефективності обслуговування: Система MIL спростила процес діагностики та зробила його точнішим. Механіки змогли менше покладатися на візуальний огляд або суб'єктивні відчуття водія і більше використовували об'єктивні дані, які надавала система діагностики.

Покращення екологічних показників: Оскільки MIL часто вказувала на несправності, пов'язані з системами викидів, її використання сприяло зменшенню шкідливих викидів автомобілів. Водії, які оперативно реагували на сигнали MIL, могли запобігти збільшенню викидів, пов'язаних з неефективною роботою системи згоряння палива або каталізатора.

Еволюція системи MIL і перехід до obd-II

Початкова версія OBD-I, введена в 1980-х роках, була першою спробою стандартизувати діагностику автомобілів. Вона дозволяла фіксувати лише базові параметри роботи двигуна та системи викидів. Проте з розвитком автомобільних технологій, зростанням кількості електронних компонентів і посиленням екологічних вимог виникла потреба в більш універсальній системі діагностики. Ці зміни призвели до появи стандарту OBD-II в середині 1990-х років, який значно розширив функціональні можливості бортової діагностики і MIL.

Система OBD-II, на відміну від OBD-I, дозволила моніторити набагато ширший спектр систем автомобіля, включаючи трансмісію, антиблокувальну систему гальм, системи контролю за кліматом та інші



компоненти. Це підвищило значення МІЛ, оскільки тепер вона може сигналізувати про несправності не лише в двигуні, але й в інших важливих системах автомобіля.

Висновок до першого розділу

Кінець XIX та початок XX століття ознаменувалися значними досягненнями в галузі техніки, зокрема автомобілебудування, що сприяло виникненню нових підходів до технічного діагностування транспортних засобів. Винахід автомобіля Карлом Бенцом у 1885 році став відправною точкою для формування методів догляду за складними механізмами, які згодом еволюціонували у стандартизовані процедури діагностування.

На початкових етапах розвитку автомобілів основну увагу приділяли догляду за двигуном, мастильними матеріалами, системою запалювання, шасі та паливною системою. Проте з появою масового виробництва у 1920-х роках і впровадженням конвеєрних технологій зросла складність конструкції транспортних засобів, що вимагало створення спеціалізованих сервісних центрів, інструментів діагностики та структурованих підходів до технічного діагностування.

Сьогодні розвиток діагностичних технологій спрямований на створення інтелектуальних систем моніторингу, які дозволять виявляти несправності ще до їх прояву, забезпечуючи високу надійність транспортних засобів. Таким чином, сучасні підходи до технічного обслуговування є результатом багаторічної еволюції, що поєднує інноваційні технології з необхідністю забезпечення безпеки, ефективності та комфорту експлуатації автомобілів.



РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 МАТЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ АВТОМОБІЛЯ.

Під час водіння транспортний засіб може перебувати в трьох станах, перший стан це справний коли автомобіль працює на лінії (D_e), другий стан справний але машина стоїть в очікуванні роботи (D_n), третій стан коли машина стоїть в очікуванні на технічне обслуговування або ремонт.

Всі ці перераховані стани машини можна назвати як цикли $D_{\text{ц}}$. Під цим можна зазначити ресурс напрацювання автомобіля до капітального ремонту ($L_{\text{кр}}$), або повністю використаний ресурс машини до списання.

Коефіцієнт технічної готовності a_T це фрагмент календарних днів що показує на протязі якого часу машина була в справному стані і могла використовуватися для транспортних робіт.

Для кожної машини можна знайти показники використовуючи цю формулою:

$$a_B = \frac{D_e}{D_e + D_p + D_n} = \frac{D_e}{D_{\text{ц}}}$$

Якщо потрібно знайти коефіцієнт використання a_B для всього парку машин то можна використати відповідні машині-дні:

$$a_T = \frac{D_e}{D_e + D_p}$$

Цей коефіцієнт може використовуватися напряду від коефіцієнта технічної готовності.

Такий підхід дозволяє розглянути зв'язок a_T з показником надійності і організації з ТО і Р. Якщо ми будемо використовувати в чисельнику і знаменнику розділимо на D_e , то одержимо:

$$a_T = \frac{1}{1 + D_p/D_e}$$

або стосовно експлуатаційного циклу:



$$a_T = \frac{1}{1 + D_{рц}/D_{ец}}$$

де $D_{рц}$ – кількість днів, протягом яких автомобіль перебуває в простой під час ТО і Р за один цикл;

$D_{ец}$ – тривалість експлуатації машини протягом кількості днів за один цикл.

Тривалість експлуатаційного циклу в днях визначається залежно від загального пробігу або напрацювання за цикл L_k і середньодобового пробігу $l_{сд}$:

$$D_{ец} = L_k / l_{сд}$$

Простої на ТО та Р за цикл $D_{рц}$ включають простої під час КР ($D_{кр}$) (за його проведення) та простої на ТО і ПР ($D_{ТОіПР}$):

$$D_{рц} = D_{кр} + D_{то.пр}$$

Простої в КР коригуємо в календарні дні, а простої я проходять в ТО і ПР в $d_{ТОіПР}$ днях на 1000 км.пробіг.

Завдяки цьому можемо визначити простої в ТО і ПР:

$$D_{то.пр} = d_{то.пр} * L_k / 1000$$

Потрібно звернути увагу, що велика кількість простоїв складається з (85-95%) на ПР в АТП. Є основним сенсом зменшити час простоїв в ремонті який використовується на АТП.

$$\frac{D_{рц}}{D_{ец}} = \frac{D_{рц} * l_{сд}}{L_k} = B_p * l_{сд}$$

де $B_p = D_{рц}/l_{сд}$ – простої в ТО і Р машини використовуємо розрахунок робочого часу, дні/1000 км.

Завдяки цьому випадку:

$$a_T = \frac{1}{1 + B_p * l_{сд}} = \frac{1}{1 + B_p * T_H * V_e}$$

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год.; T_H – тривалість робочої, год.

Побудуємо графічну залежність a_T від B_p і запропонувати заходи з



підвищенням a_T .

$$a_T = \frac{1}{1 + B_p * l_{cd}} a_T = \frac{1}{1 + \frac{0,2}{1000} * 300} = 0,943$$

$$a_T = \frac{1}{1 + \frac{0,4}{1000} * 300} = 0,892 \quad a_T = \frac{1}{1 + \frac{0,6}{1000} * 300} = 0,847$$

$$a_T = \frac{1}{1 + \frac{0,8}{1000} * 300} = 0,806 \quad a_T = \frac{1}{1 + \frac{1}{1000} * 300} = 0,769$$

$$a_T = \frac{1}{1 + \frac{1,2}{1000} * 300} = 0,735 \quad a_T = \frac{1}{1 + \frac{1,4}{1000} * 300} = 0,704$$

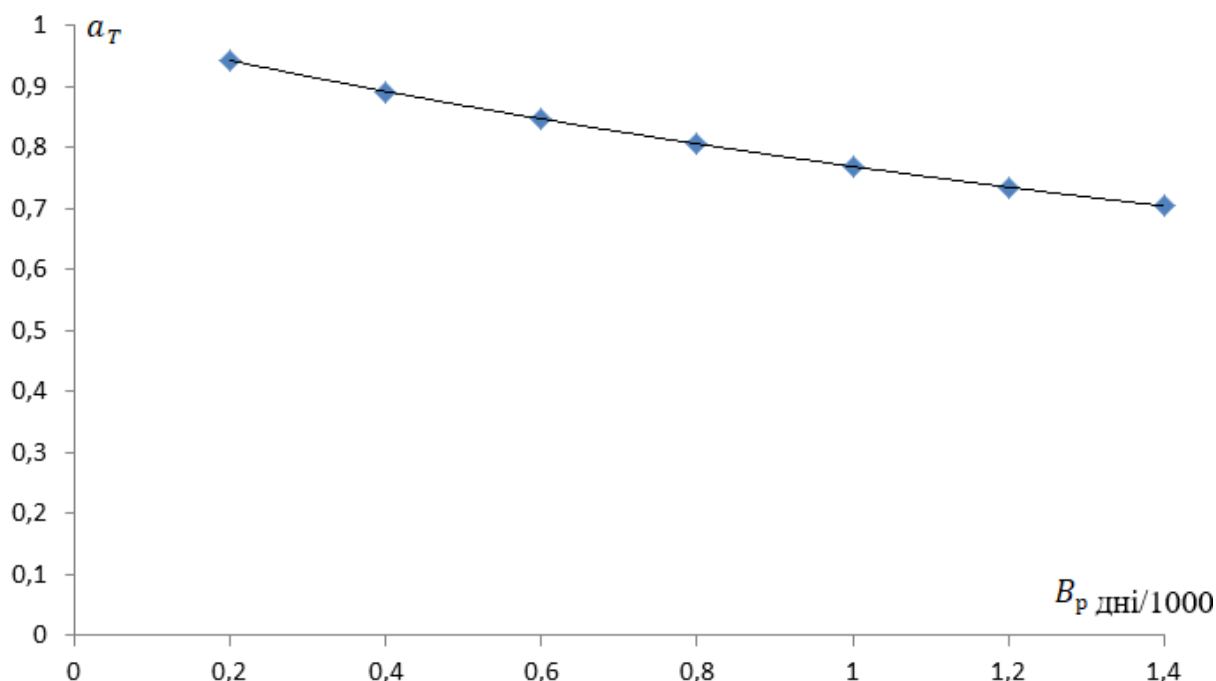
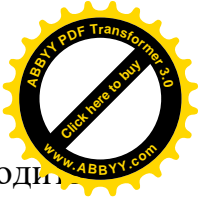


Рис. 2,1: Залежність коефіцієнта технічної готовності(a_T) від тривалості простоїв в ТО і Р автомобіля (B_p)

Висновок. Зі збільшенням коефіцієнта технічної готовності спостерігається його спадний характер. При цьому зростає трудомісткість технічного обслуговування і ремонту (ТО і ПР), а також підвищуються витрати на ці процеси. У підсумку знижується ефективність використання рухомого складу.

Тепер порахуємо залежність коефіцієнта технічної готовності від грошей.



Якщо КТГ нижчий, автомобіль простоє більше часу, що призводить до втрат через невиконані перевезення або інші види робіт. Ми можемо оцінити ці втрати, враховуючи, скільки прибутку приносить одна година або день роботи автомобіля.

$$V_{\Pi} = (1 - \text{КТГ}) * \text{При}_{\text{од.ч.}} * Z_{\text{р.ч.}}$$

$$V_{\Pi} = (1 - 0,943) * 2000 * 305 = 34\,770 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = (1 - 0,892) * 2000 * 305 = 65\,880 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = (1 - 0,847) * 2000 * 305 = 93\,330 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = (1 - 0,806) * 2000 * 305 = 118\,340 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = (1 - 0,769) * 2000 * 305 = 140\,910 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = (1 - 0,735) * 2000 * 305 = 161\,650 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = (1 - 0,704) * 2000 * 305 = 180\,560 \text{ грн}$$

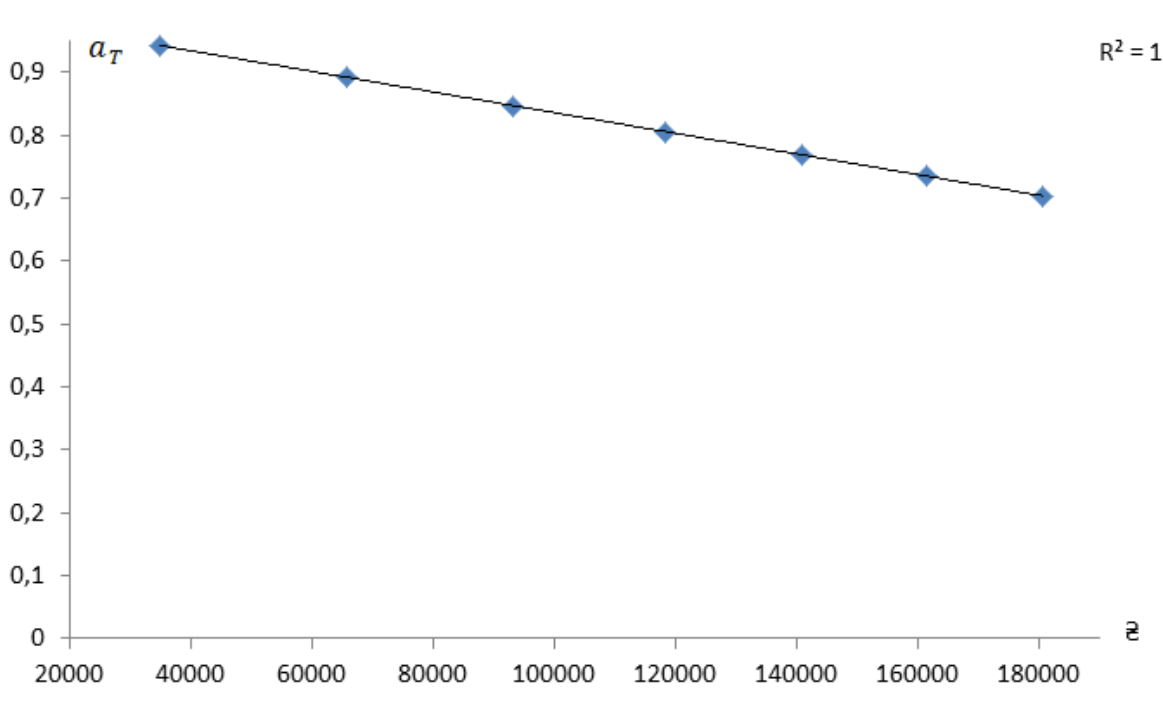
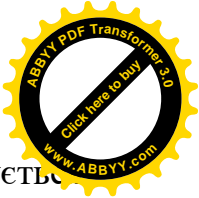


Рис.2,2: Демонструє, як зі зменшенням коефіцієнта технічної готовності зростає вартість грошей на підтримання автомобіля в справному станні.

2.2 вибір вихідних даних та коригування норм для рухомого складу

Нормативна періодичність ТО-1 і ТО-2 (L_1 і L_2), а також пробіг автомобілів до першого капітального ремонту (L_K) визначені в «Положенні про технічне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного



транспорту». На основі вибору та розрахунків показників ТО і Р формується матеріал для магістерської роботи табл.2.1.

Таблиця 2.1

Початкові та скориговані нормативи ТО і ремонту

Модель	Вихідні нормативи		Коефіцієнти коригування							Скориговані нормативи	
	Позначення	Величина	K ₁	K ₂	K ₃	$\frac{K_4}{K'_4}$	K ₅	K _м	K _{РЕЗ}	Позначення	Величина
ГАЗ-33021	L ₁ ^H , км	4000	0,8		1,0				0,8	L ₁ ^P	3150
	L ₂ ^H , км	16000	0,8		1,0				0,8	L ₂ ^P	12600
	L _{КР} ^H , км	300000	0,8	1,0	1,0				0,8	L _{КР} ^P	239400
	t _{ЕО} ^H , люд-год.	0,30		1,0			0,95	0,3	0,29	t _{ЕО} ^P	0,09
	t ₁ ^H , люд-год.	3,6		1,0			0,95	0,8	0,76	t ₁ ^P	2,7
	t ₂ ^H , люд-год.	14,4		1,0			0,95	0,9	0,86	t ₂ ^P	12,3
	t _{ТР} ^H , люд-год./1000	3	1,2	1,0	1,0	1,07	0,95		1,23	t _{ТР} ^H , люд-год./1000	4,1
	d _{ТО і Р} ^H , дні/1000	0,5					1,045		1,045	d _{ТО і Р} ^H	0,54
d _{КР} ^H , дні	15								d _{КР} ^H	18	

Коригування нормативів виконується за формулами:

Періодичність ТО-1 розраховується по формулі;

$$L_1 = L_1^H * K_1 * K_3 \text{ км}$$

де L₁^H - нормативна періодичність ТО-1, км

K₁ - коефіцієнт коригування норм в залежності від умов експлуатації.

K₃ - коефіцієнт коригування норм в залежності від природно-кліматичних умов.

$$L_1 = 4000 * 0,8 * 1,0 = 3200 \text{ км}$$

Після встановлення розрахункової періодичності ТО-1 здійснюється перевірка її кратності щодо середньодобового пробігу автомобілів (L_{ср}):

$$n_1 = L_1 / L_{ср}$$

де n₁ - величина кратності.

$$n_1 = \frac{3200}{210} = 15,2 \approx 15$$



Скоригована за кратністю величина періодичності ТО-1 набуває значення:

$$L_1 = n_1 * L_{CC} \text{ км}$$

$$L_1 = 15 * 210 = 3150 \text{ км}$$

Період ТО-2 розраховуємо за формулою;

$$L_2 = L_2^H * K_1 * K_3 \text{ км}$$

де L_2^H - норма періодичності ТО-2, км

$$L_2 = 16000 * 0,8 * 1,0 = 12800 \text{ км}$$

Після встановлення розрахункової величини періодичності ТО-2 проводиться перевірка її кратності відносно періодичності ТО-1:

$$n_2 = \frac{L_2}{L_1}$$

де n_2 - величина кратності (приймається рівною 4)

$$n_2 = \frac{12800}{3150} = 4,06 \approx 4$$

Скоригована за кратністю величина періодичності ТО-2 набуває значення:

$$L_2 = n_2 * L_1$$

$$L_2 = 4 * 3150 = 12600 \text{ км.}$$

Пробіг до капітального ремонту обчислюється за допомогою формули:

$$L_{KR} = L_{KR}^H * K_1 * K_2 * K_3$$

де L_{KR} - нормативний пробіг до капітального ремонту, км

K_1 коефіцієнт коригування нормативів залежно від умов експлуатації

K_2 Коефіцієнт коригування норм в залежності від модифікації рухомого складу та організації його експлуатації.

K_3 Коефіцієнт коригування норм в залежності від природно-кліматичних факторів.

$$L_{KR} = 300000 * 0,8 * 1,0 * 1,0 = 240000 \text{ км.}$$

Оскільки АТП проводить КР на АРЗ, визначимо пробіг цих автомобілів до наступного КР (списання), який повинен становити не менше 80% від



норми пробігу нового автомобіля до першого КР.

$$L_{KP} = 0,8 * L_{KP}$$

$$L'_{KP} = 0,8 * 240000 = 192000 \text{ км.}$$

Щоб зменшити обсяг ідентичних розрахунків виробничої програми для групи «нових» і «старих» автомобілів однієї моделі (технологічно сумісної групи), визначимо середній (середньозважений) міжремонтний пробіг автомобіля за цикл

$$L_{KP}^{CP} = \frac{L_{KP} * A + L'_{KP} * A'}{A + A'}$$

де А, А' - Відповідно, середньооблікове число автомобілів, які не досягли встановлених норм пробігу до першого КР («нові»), а також тих, що виконали ці норми (старі), але все ще перебувають в експлуатації, включаючи автомобілі після КР

L_{KP} - пробіг автомобіля до першого КР, км

L'_{KP} - пробіг автомобіля до наступного КР (списання), км

$$L_{KP}^{CP} = \frac{240000 * 180 + 192000 * 120}{180 + 120} = \frac{43200000 + 23040000}{300} = 220800 \text{ км.}$$

Після встановлення розрахункової величини пробігу до КР проводиться перевірка її кратності відносно періодичності ТО-2.:

$$n_3 = \frac{L_{KP}}{L_{TO-2}} \quad n_3 = \frac{L_{KP}^{CP}}{L_{TO-2}}$$

де n_3 - величина кратності

$$n_3 = \frac{240000}{12600} = 19,04 \approx 19 \quad n_3 = \frac{220800}{12600} = 17,5 \approx 18$$

Скориговану за кратністю величину пробігу до ТО-1, ТО-2 і КР зводимо в таблицю – 2.2



Таблиця 2.2

Коригування пробігів до ТО-1, ТО-2 та КР

Модель автомобіля	Види пробігу	Позначення	Пробіг, км		
			Нормативний	Скорегований	Прийнятий к розрахунку
ГАЗ-33021	Середньо добовий	L_{cc}	-	-	210
	До ТО-1	L_1	4000	3200	3150
	До ТО-2	L_2	16000	12800	12600
	До КР (середньозважений)	L_{KP}^{CP}	300000	220800	226800
	До 1-го КР	L_{KP}	300000	240000	239400

Скоригована за кратністю величина пробігу до капітального ремонту приймає значення

$$L_{KP} = n_3 * L_2,$$

$$L_{KP} = 19 * 12600 = 239400 \quad L_{KP}^{CP} = 18 * 12600 = 226800$$

Трудомісткість щоденного технічного обслуговування (t_{EO}) розраховується за формулою:

$$t_{EO} = t_{EO}^H * K_1 * K_5 * K_{M(EO)} \text{ люд. - год.}$$

де t_{EO}^H - нормативна трудомісткість щоденного обслуговування, люд.-год;

K_2 - коефіцієнт коригування норм в залежності від модифікації рухомого складу та способу його експлуатації;

K_5 - коефіцієнт коригування норм в залежності від кількості обслуговуваних і ремонтваних автомобілів на АТП, а також від кількості технологічно сумісних груп рухомого складу;

$K_{M(EO)}$ - коефіцієнт механізації, який зменшує трудомісткість експлуатаційного обслуговування, обчислюється за формулою:

$$K_{M(EO)} = \frac{100 - (C_M + C_0)}{100}$$

де C_M - % зменшення трудомісткості завдяки використанню мийної установки (приймається за рівне 55%);

C_0 - % зменшення трудомісткості шляхом заміни обтиральних робіт на



обдужання повітрям (приймається за рівне 15%).

$$K_{M(E0)} = \frac{100 - (55 + 15)}{100} = \frac{30}{100} = 0,3$$

$$t_{EO} = 0,30 * 1,0 * 0,95 * 0,3 = 0,0855 \approx 0,09 \text{ люд. год.}$$

Трудомісткість ТО-1 (t_1) розраховується за формулою:

$$t_1 = t_1^H * K_1 * K_5 * K_{M(1)} \text{ люд. - год.}$$

де t_1^H , - норматив трудомісткості ТО-1, люд.-год;

$K_{M(1)}$ - Коефіцієнт механізації, який зменшує трудомісткість ТО-1 за умов потокового методу виробництва (для потокового методу приймається рівним 0,8, а для тупикового методу — 1,0).

$$t_1 = 3,6 * 1,0 * 0,95 * 0,8 = 2,736 \approx 2,7 \text{ люд. - год.}$$

Трудомісткість ТО-2 (t_2) розраховується за формулою:

$$t_2 = t_2^H * K_2 * K_5 * K_{M(2)}$$

де t_2^H - нормативна трудомісткість ТО-2, люд.-год;

$K_{M(2)}$ - Коефіцієнт механізації, який зменшує трудомісткість ТО-2 за умов потокового методу виробництва (для потокового методу приймається рівним 0,9, а для тупикового методу — 1,0).

$$t_2 = 14,4 * 1,0 * 0,95 * 0,9 = 12,312 \approx 12,3 \text{ люд. - год.}$$

Трудомісткість сезонного обслуговування розраховується за формулою: $t_{CO} = C_{CO} * t_2$ люд. - год.

де: C_{CO} - частка трудомісткості СВ від трудомісткості ТО-2:

- 0,5 - для районів з дуже холодним і дуже спекотним сухим кліматом;
- 0,3 - для холодного та спекотного сухого районів;
- 0,2 - для інших районів.

$$t_{CO} = 0,2 * 12,3 = 2,46 \approx 2,5 \text{ люд. - год.}$$

Трудомісткість загального діагностування (t_{D-1}) розраховується за формулою: $t_{D-1} = t_1 * \frac{C_{D-1}}{100}$ люд - год

де: C_{D-1} - частка трудомісткості діагностичних робіт у загальному обсязі трудомісткості ТО-1



$$t_{Д-1} = 2,7 * \frac{10}{100} = 0,27 \text{ люд. - год.}$$

Трудомісткість по елементному діагностуванню ($t_{Д-2}$) обчислюється за формулою:

$$t_{Д-2} = t_2 * \frac{C_{Д-2}}{100} \text{ люд.год}$$

де $C_{Д-2}$ - частка трuдомісткості діагностичних робіт у загальному обсязі трuдомісткості ТО-2

$$t_{Д-2} = 12,3 * \frac{10}{100} = 1,23 \text{ люд. - год.}$$

Специфічна трuдомісткість поточного ремонту ($t_{ТР}$) обчислюється за формулою:

$$t_{ТР} = t_{ТР}^H * K_1 * K_2 * K_3 * K_{4(ср)} * K_5 \text{ люд. - год./1000км}$$

де $t_{ТР}^H$ - нормативна специфічна трuдомісткість поточного ремонту, люд. - год/1000км;

K_1 - коефіцієнт коригування норм в залежності від умов експлуатації;

K_2 - коефіцієнт коригування норм в залежності від модифікації рухомого складу та організації його експлуатації;

K_3 - коефіцієнт коригування норм в залежності від природно-кліматичних умов.

K_5 - коефіцієнт коригування норм в залежності від кількості обслуговуваних і ремонтваних автомобілів на АТП, а також від кількості технологічно сумісних груп рухомого складу;

$K_{4(ср)}$ - середнє значення коефіцієнта коригування специфічної трuдомісткості поточного ремонту в залежності від пробігу з моменту початку експлуатації.

Середнє значення коефіцієнта коригування специфічної трuдомісткості поточного ремонту в залежності від пробігу з моменту початку експлуатації обчислюється за формулою:

$$K_{4(ср)} = \frac{A_1 + K'_4 + A_2 * K'_4 \dots + A_n * K'_4}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$



де A_1, A_2, \dots, A_n - чисельність автомобілів, що належать до групи з однаковим пробігом від початку використання, од.;

$K_{4(1)}, K_{4(2)}, \dots, K_{4(n)}$ - значення коефіцієнтів коригування питомої трудомісткості поточного ремонту в залежності від пробігу з початку експлуатації для відповідних груп автомобілів з однаковим пробігом.

$$K_{4(ср)} = \frac{60 \cdot 0.4 + 45 \cdot 0.7 + 30 \cdot 1.0 + 45 \cdot 1.2 + 36 \cdot 1.3 + 24 \cdot 1.4 + 36 \cdot 1.6 + 24 \cdot 1.9}{300} = 1.077$$

$$t_{ТР} = 3 * 1,2 * 1,1 * 1,077 * 0,95 = 4,05 \approx 4,1 \text{ люд. -год./1000 км}$$

Тривалість простою рухомого складу в ТО і ТР розраховується за формулою:

$$d_{ТО \text{ і } ТР} = d_{ТО \text{ і } ТР}^H * K_4, \frac{\text{ДН}}{1000} \text{ км}$$

де $d_{ТО \text{ і } ТР}^H$ - нормативна тривалість простою рухомого складу в ТО і ТР, $\frac{\text{дн}}{1000 \text{ км}}$

$K'_{4(ср)}$ - середнє значення коефіцієнта коригування тривалості простою рухомого складу в ТО і ТР залежно від пробігу з початку експлуатації.

Середнє значення коефіцієнта коригування тривалості простою рухомого складу в ТО і ТР залежно від пробігу з початку експлуатації розраховується за формулою:

$$K'_{4(ср)} = \frac{A_1 + K'_4 + A_2 * K'_4 \dots + A_n * K'_4}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

де A_1, A_2, \dots, A_n - кількість автомобілів, що входить до групи з однаковим пробігом від початку експлуатації, од.;

$K'_{4(1)}, K'_{4(2)}, \dots, K'_{4(n)}$ - значення коефіцієнтів коригування тривалості простою рухомого складу під час технічного обслуговування і ремонту залежно від пробігу з початку експлуатації для груп автомобілів з однаковим пробігом.



$$K'_{4 (cp)} = \frac{60 * 0,7 + 45 * 0,7 + 30 * 1,0 + 45 * 1,2 + 36 * 1,3 + 24 * 1,3 + 36 * 1,3 + 24 * 1,3}{300}$$

$$= 1,045$$

$$d_{TO \text{ i } TP} = 0,5 * 1,077 = 0,5385 \approx 0,54 \text{ дн/1000 км}$$

Визначення коефіцієнта технічної готовності та коефіцієнта використання автомобілів

Коефіцієнт технічної готовності розраховується за формулою:

$$a_T = \frac{1}{1 + L_{cc} * \left(\frac{d_{TO \text{ i } TP}}{1000} + \frac{D_{KP}}{L_{KP}^{cp}} \right)}$$

де L_{cc} - середньодобовий пробіг автомобілів, км;

L_{kp}^{cp} - середньозважена величина пробігу автомобілів до капітального ремонту, км;

$d_{TO \text{ i } TP}$ - кількість днів простою автомобіля в ТО і TP, дні;

D_{KP} - кількість днів простою автомобіля в КР з урахуванням днів на транспортування, дні.

$$D_{KP} = d_{KP} + d_{тран}$$

де d_{KP} - дні простої автомобіля в КР, дні;

$d_{тран}$ - кількість днів на транспортування в КР, дні.

$$d_{тран} = (0,15 \dots 0,2) d_{тран} = 0,2 * 15 = 3$$

$$D_{KP} = 15 + 3 = 18 \text{ дні}$$

$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,54}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,88$$

$$a_i = \frac{D_{pg}}{366} * a_T * K_i$$

де D_{pg} - кількість робочих днів АТП у році, дні;

K_i - коефіцієнт, що враховує зниження використання технічно справних автомобілів з експлуатаційних причин (приймається в межах 0,93...0,97).



$$a_i = \frac{305}{366} * 0,88 * 0,95 = 0,69 \approx 0,7$$

У разі зменшення кількість днів простою автомобіля в ТО і ТР на 10% то ми підніmemo коефіцієнт КТГ

$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,48}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,894$$

У разі зменшення кількість днів простою автомобіля в ТО і ТР на 15% то ми підніmemo коефіцієнт КТГ

$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,45}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,899$$

У разі зменшення кількість днів простою автомобіля в ТО і ТР на 20% то ми підніmemo коефіцієнт КТГ

$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,43}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,903$$

У разі зменшення кількість днів простою автомобіля в ТО і ТР на 25% то ми підніmemo коефіцієнт КТГ

$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,40}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,908$$

У разі зменшення кількість днів простою автомобіля в ТО і ТР на 35% то ми підніmemo коефіцієнт КТГ

$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,35}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,917$$

У разі зменшення кількість днів простою автомобіля в ТО і ТР на 45% то ми підніmemo коефіцієнт КТГ

$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,29}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,928$$

У разі зменшення кількість днів простою автомобіля в ТО і ТР на 50% то ми підніmemo коефіцієнт КТГ



$$a_T = \frac{1}{1 + 210 * \left(\frac{0,27}{1000} + \frac{18}{226800} \right)} = 0,931$$

Залежність коефіцієнта технічної готовності від грошей

$$B_{\Pi} = (1 - 0,88) * 2000 * 305 = 73200 \text{ грн}$$

У разі підняття КГТ на 10% то ми побачимо різницю від початкової різниці затрати грошей на обслуговування автомобіля.

$$B_{\Pi} = (1 - 0,894) * 2000 * 305 = 64660 \text{ грн}$$

У разі підняття КГТ на 15% то ми побачимо різницю від початкової різниці затрати грошей на обслуговування автомобіля.

$$B_{\Pi} = (1 - 0,899) * 2000 * 305 = 61610 \text{ грн}$$

У разі підняття КГТ на 20% то ми побачимо різницю від початкової різниці затрати грошей на обслуговування автомобіля.

$$B_{\Pi} = (1 - 0,905) * 2000 * 305 = 57950 \text{ грн}$$

У разі підняття КГТ на 25% то ми побачимо різницю від початкової різниці затрати грошей на обслуговування автомобіля.

$$B_{\Pi} = (1 - 0,908) * 2000 * 305 = 56120 \text{ грн}$$

У разі підняття КГТ на 35% то ми побачимо різницю від початкової різниці затрати грошей на обслуговування автомобіля.

$$B_{\Pi} = (1 - 0,917) * 2000 * 305 = 50630 \text{ грн}$$

У разі підняття КГТ на 45% то ми побачимо різницю від початкової різниці затрати грошей на обслуговування автомобіля.

$$B_{\Pi} = (1 - 0,928) * 2000 * 305 = 43920 \text{ грн}$$

У разі підняття КГТ на 50% то ми побачимо різницю від початкової різниці затрати грошей на обслуговування автомобіля.

$$B_{\Pi} = (1 - 0,931) * 2000 * 305 = 42090 \text{ грн}$$

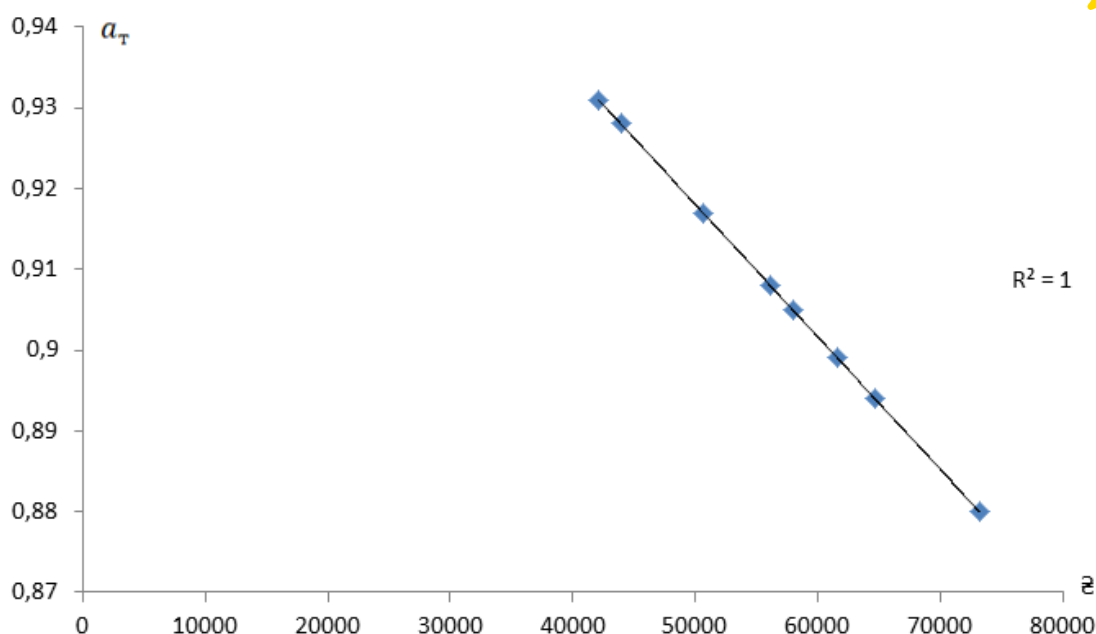


Рис. 2,3: Демонструє, як зі збільшенням витрат знижується коефіцієнт технічної готовності, показуючи тенденцію спадання

2.3 Перспективний та актуальний напрямок розвитку діагностики

Сучасні транспортні засоби вважаються досить безпечними для життя людини. Інженерам вдалося розробити кузови автомобілів, які можуть врятувати життя як пасажиром, так і пішоходам у разі зіткнення. Переважна більшість аварій на дорогах відбувається через те, що транспортні засоби втрачають керованість. Це пов'язано з тим, що шасі містить основні компоненти підвіски, які утримують автомобіль в рівновазі та пом'якшують їзду.

Оскільки ця частина автомобіля безпосередньо пов'язана з життям пасажирів і отримує максимальне навантаження, важливо розробити систему, здатну вчасно виявляти несправності і рятувати життя. Як зазначалося вище, діагностика підвіски наразі здійснюється або суб'єктивними методами (шляхом огляду компонентів або струшування автомобіля), або за допомогою вібростендів. Однак ці методи безсилі на ранніх стадіях, оскільки деякі компоненти зруйновані, а водій може цього не відчувати.

Спосіб полягає в об'єктивній оцінці стану об'єкта дослідження в режимі реального часу. Метою цього дослідження є основний компонент шасі автомобіля. На рис.2.4 показана структурна схема діагностичного комплексу

шасі автомобіля. Датчик вібрації встановлюється на головному вузлі. Сигнал передається з датчика на блок реєстрації, де він перетворюється в цифрову форму. Потім сигнал надсилається на блок обробки сигналів, де він піддається цифровій обробці та відображається оцінка стану об'єкта.

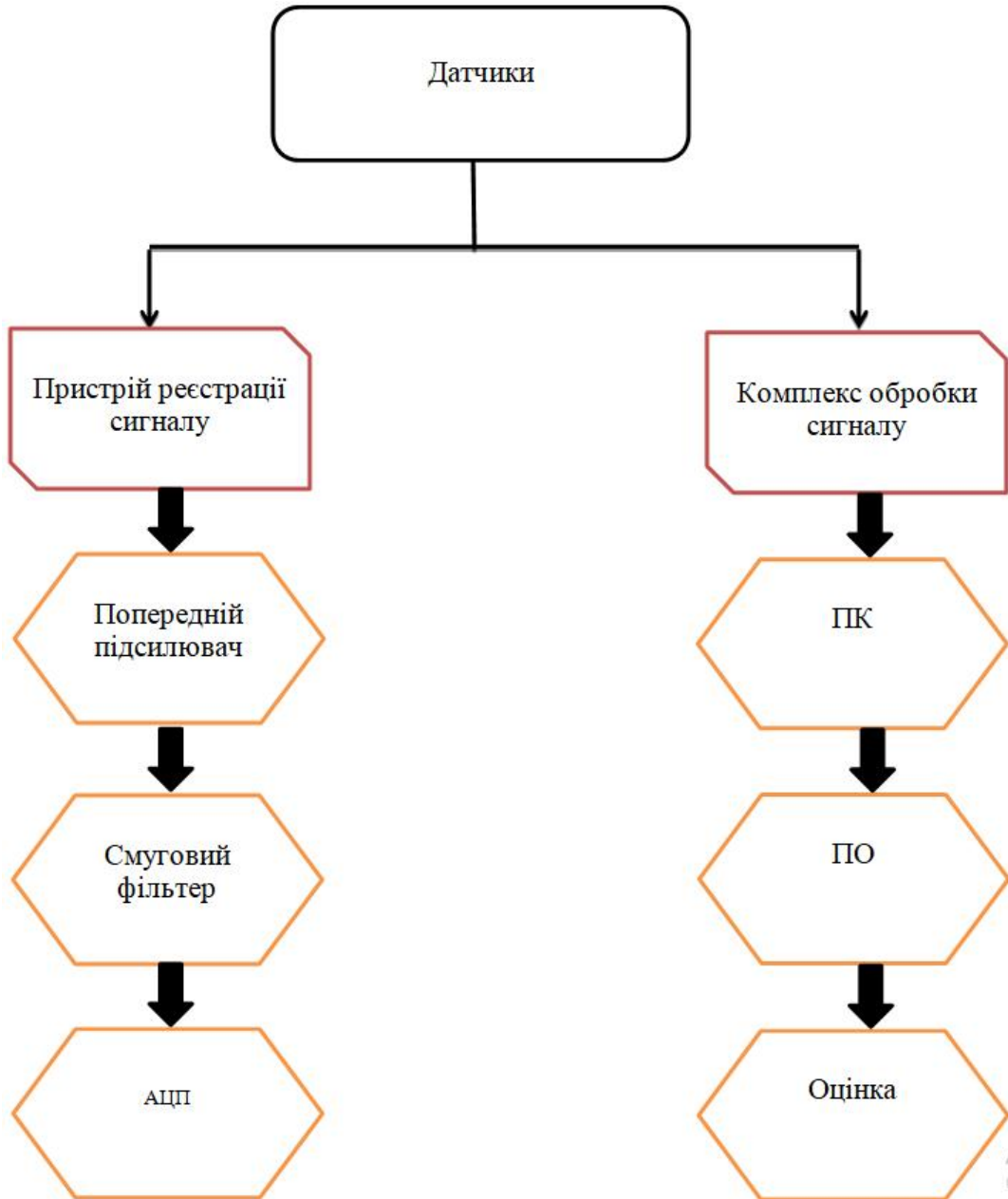


Рис. 2,4. Структурна схема діагностичного комплексу шасі автомобіля

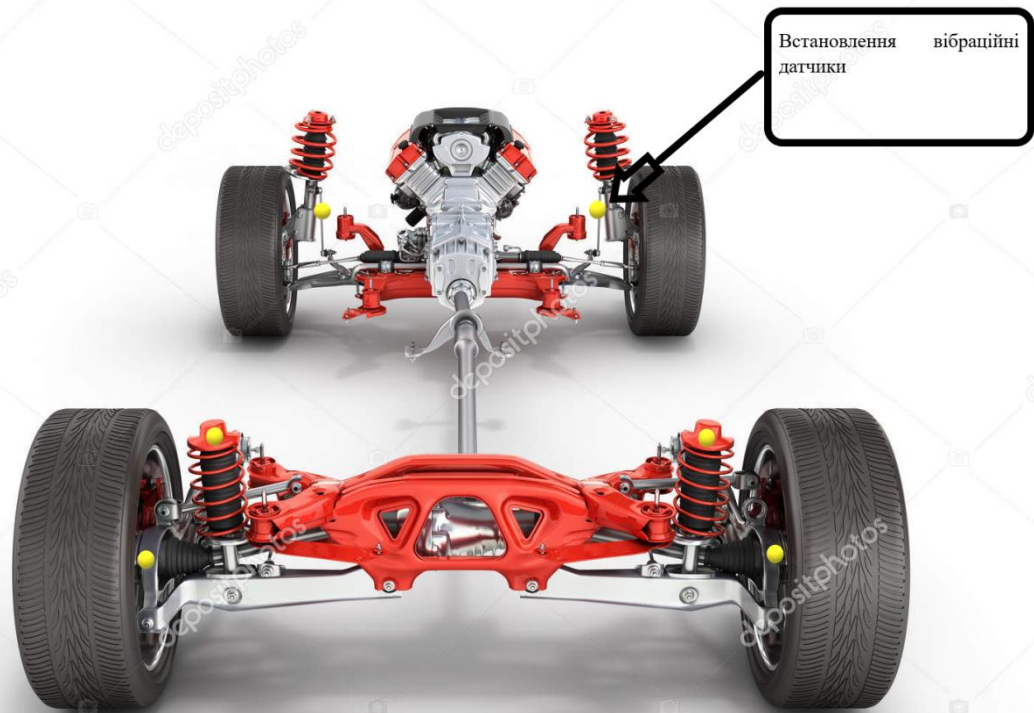


Рис.2.5: Місце розташування датчиків на автомобілі.

У роботі говориться, що для вібродіагностики автомобіля необхідно підтвердити наявність датчиків вібрації в окремих вузлах діагностичної моделі.

Пристрій призначений для своєчасного оповіщення водія в разі несправностей ходового моста, а також для використання діагностичних сканерів.

Таблиця 2.3:

Основні технічні характеристики наведені.

Частотний діапазон, Гц	50-1300
Віброшвидкість, мм/с	1-6

Мета локації: пасивний.

Інформаційний сигнал: рівень вібрації, адже саме від порівняння рівнів вібрації робиться вивід оцінки.

Первинні параметри сигналу: амплітуда коливань, частота.

Вторинні параметри: спектр, кореляційна функція, числові характеристики.



Датчик вібрації прикріплюється до діагностичної області на обличчі допомогою штифта, а штифт підключається до наступного пристрою за допомогою кабелю. Сигнал надходить на перед підсилювач, де він посилюється до певного рівня і узгоджується з наступним приладом. Після посилення сигнал надходить на смуговий фільтр, який пригнічує небажані частоти і виділяє корисні сигнали. Потім сигнал надходить на АЦП, де він перетворюється в цифрову форму.

Необхідність з'єднання багатоелементних масивів п'єзо перетворювачів за допомогою багато провідних кабелів останнім часом призвела до розробки попередніх підсилювачів, які розміщуються безпосередньо в конструкції приймача вібраційних сигналів.

У цьому випадку електроакустичні перетворювачі краще узгоджуються з приймальним і підсилювальним трактами, а втрати енергії в з'єднувальному кабелі зменшуються.

На системи можуть впливати акустичні шуми. Щоб впоратися з цим, необхідно і достатньо забезпечити низьке співвідношення сигнал/шум. Цього можна досягти, використовуючи датчики з оптимальною чутливістю для компонента, що діагностується. Це означає, що кожен компонент має власне значення прискорення і відхилення від цього значення відображається оцінкою.

Основною перешкодою є високий рівень шуму. Щоб уникнути його впливу, необхідно вибрати оптимальний робочий діапазон пристрою і захистити його від електричних перешкод. Рівень шуму також можна знизити шляхом фільтрації вхідного сигналу.

Для більш точної оцінки, тобто для визначення типу несправності, досить ввести спектральну обробку сигналу, тобто спектральну обробку за методом Уелча, який є більш точним і використовується в більшості зарубіжних пристроїв вібродіагностики.

Приймачем інформаційного сигналу є датчик, який передає основну інформацію (амплітуду і частоту). АЦП використовується для перетворення

інформації в цифровий формат, а програмне забезпечення використовується для її оцінки та відображення з подальшою обробкою сигналу та отриманням інформації.

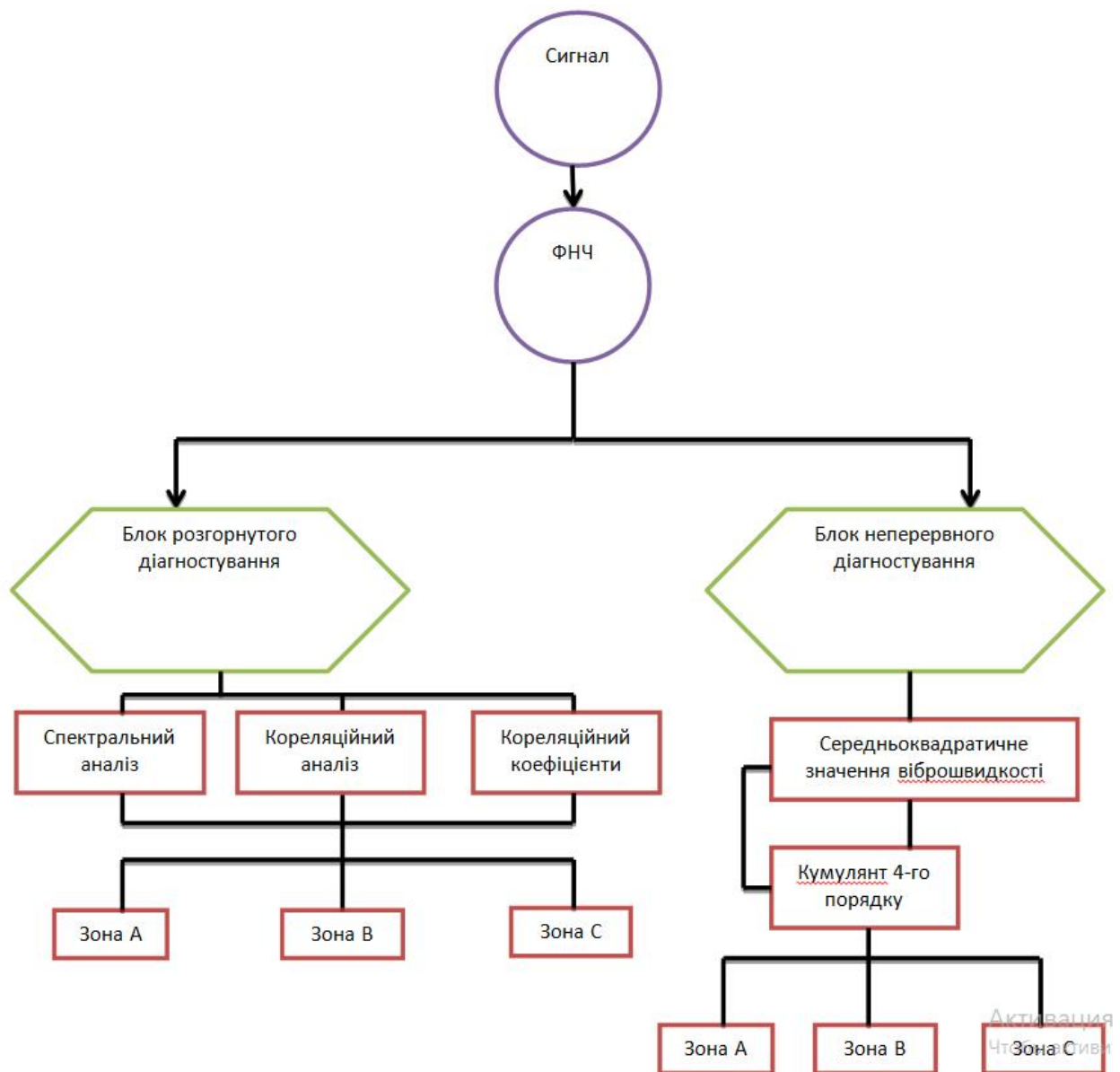
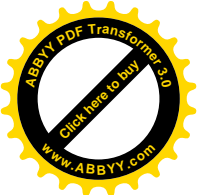


Рис.2.6: Структурна схема обробки сигналу.

Сигнал завантажується в програмне забезпечення в режимі реального часу і подається в фільтр нижніх частот, де радіочастотні компоненти АЦП відключаються. Залежно від місця постановки діагнозу підбирається 1 із запропонованих діагностичних комплексів (рис. 2.6). Пристрій безперервної діагностики призначений для власників автомобілів, які передають результати діагностики безпосередньо на Бортовий комп'ютер. Розширені діагностичні зразки призначені для інженерів-механіків і дають комп'ютеру



детальну інформацію та оцінку стану об'єкта. Важливим етапом розробки системи є визначення місця розташування і кількості датчиків. Це пов'язано з тим, що кінцева вартість продукту залежить від складності компонентів і виготовлення системи. На жаль, в літературі немає інформації про кількість основних компонентів шасі, які знаходяться під максимальним навантаженням і схильні до відмов.

В ході цього у цьому дослідженні було вирішено провести експертне опитування користувачів автомобілів і автосервісів. Як видно з наведеної вище інформації, більшість автомобілів мають схожі підвіски, тому є можливість вибрати конкретні моделі автомобілів для проведення дослідження.

Для дослідження були обрані наступні моделі автомобілів:

- Opel Vectra C (2006-2010);
- Volkswagen Golf V (2007-2011);
- BMW M3 E35 (2006-2011);
- Fiat 500 Abarth (2007-2009);
- Mitsubishi Lancer EVO VII (2004-2008)

Вищевказані автомобілі мають схожі технічні характеристики та елементи конструкції підвіски (передня незалежна та задня залежна), тому анкети для опитування можуть бути об'єднані. Після обробки результатів було виявлено, що найчастіше з ладу в передньому мосту вищевказаних автомобілів виходили наступні компоненти:

- Підшипник ступиці;
- Сійка стабілізатора поперечної стійкості;
- Амортизатори;

Якщо потрібно більш детальна інформація про результати можна ознайомитися на рисунках які позначенні нижче.

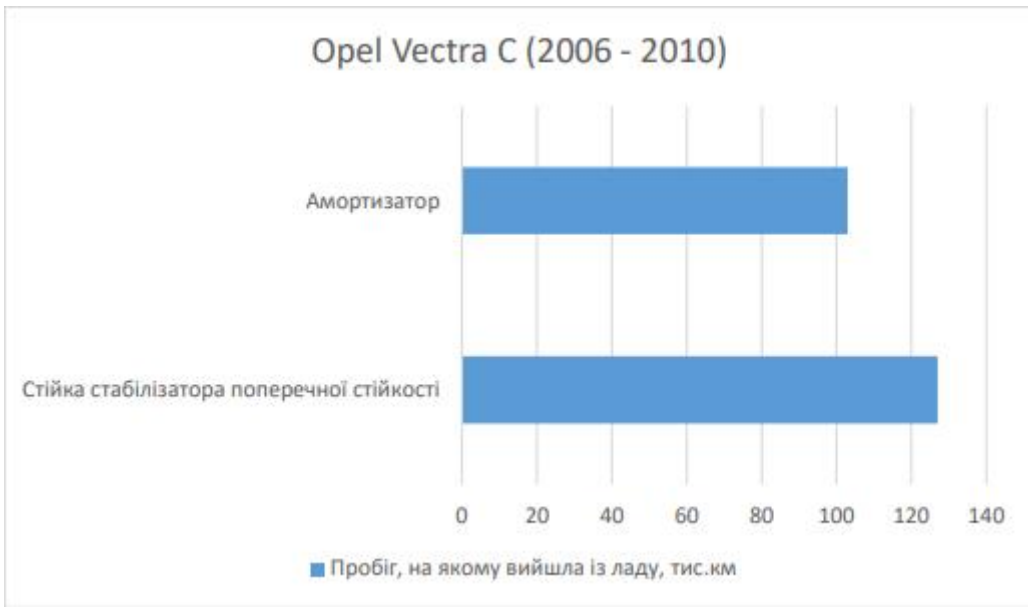


Рис. 2.7: Середнє значення залежності дефект/пробіг.

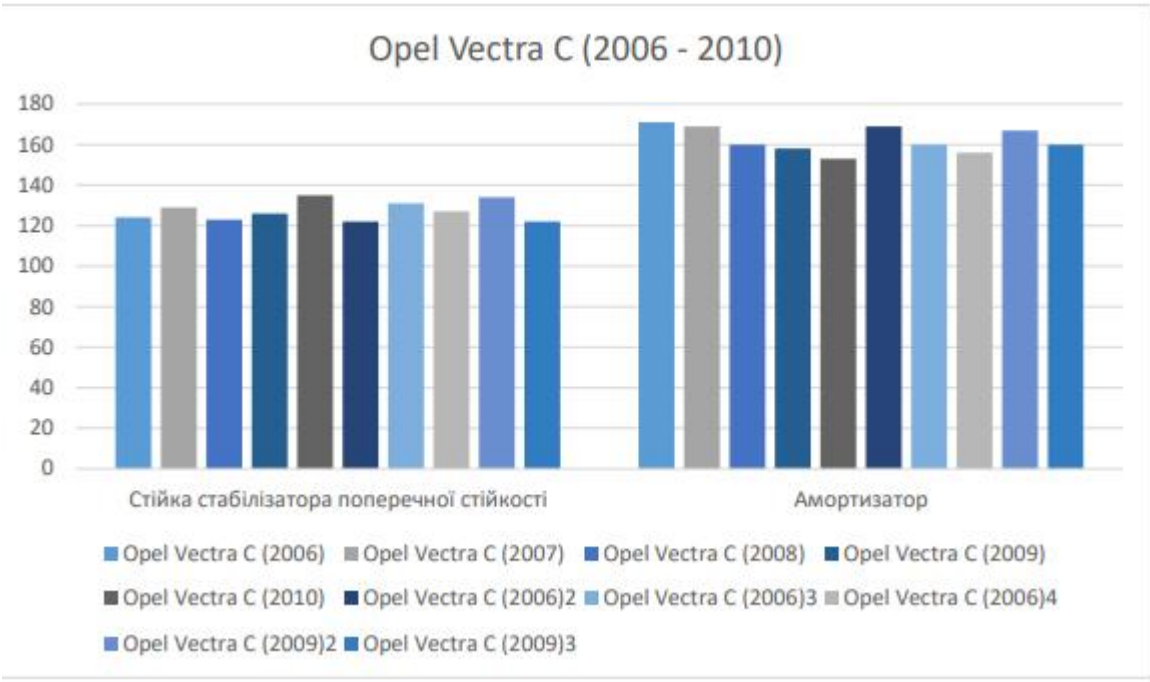


Рис. 2.8: Значення залежності дефектів/пробігу по кожній машині

Оскільки система вібродіагностики ходової частини функціонує в режимі реального часу, вона забезпечує постійний моніторинг стану елементів підвіски. Це дозволяє оперативно виявляти відхилення в роботі ходової частини, аналізуючи вібраційні сигнали та порівнюючи їх із допустимими параметрами, проводиться порівняння характеристик різних частин ходової частини між автомобілями, які беруть участь у соціальному дослідженні, щоб знати, з якого пробігу потрібно проводити більш часту і

детальну вібродіагностику.



Рис.2.9: Порівнюємо стан стійки стабилизатора поперечної стійкості залежності від марки машини з гідно списку

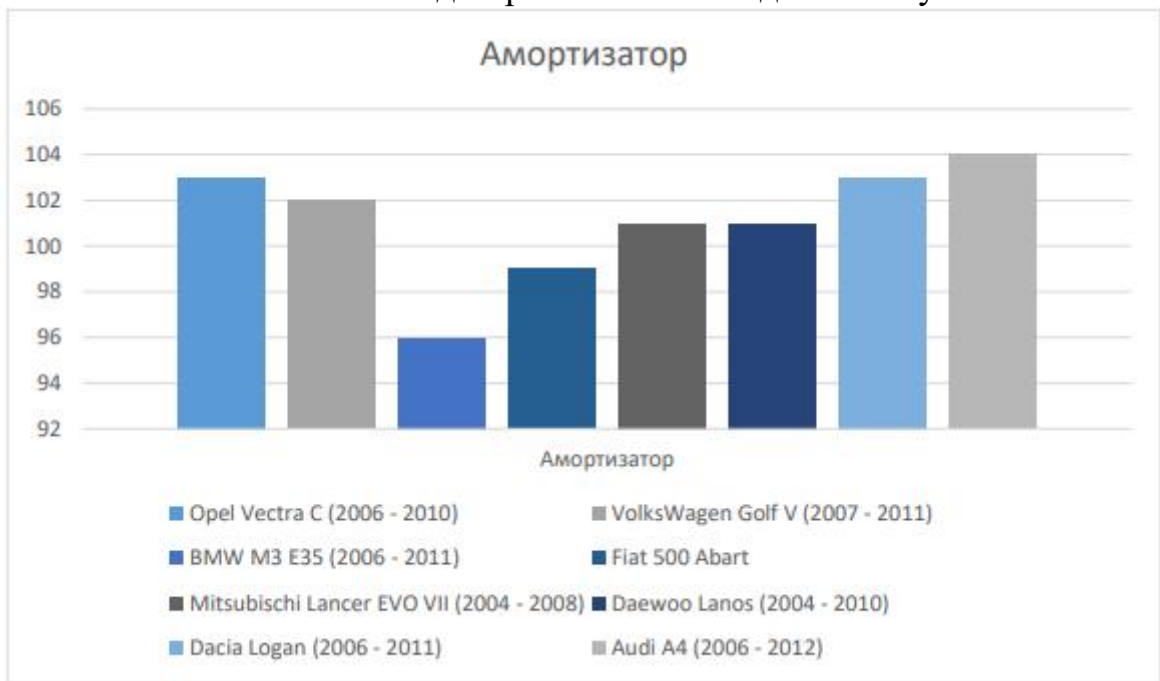


Рис.2.10: Порівнюємо стан амортизатора залежності від марки машини яку використовували із списку та пройденого шляху

- Для стійки стабилизатора поперечної стійкості передбачено діапазон більш детального діагностування програмою в межах 125-130 тис. км.
- Для амортизатора діапазон детального діагностування програмою



становить 95-100 тис. км.

Згідно з результатами опитування, мінімальна кількість датчиків для середньостатистичного автомобіля варіюється від 5 до 10, зокрема 6 датчиків на передній піввісі та 4 датчики на задню.

Для більш зручності використання програмне забезпечення було вирішено розділити її на два блоки:

- Блок неперервного діагностування, інтегрований у бортовий комп'ютер автомобіля, який відображає лише підсумкову оцінку стану ходової частини;
- Блок розгорнутого діагностування, який надає детальний аналіз стану деталей ходової частини автомобіля на ПК.

Давайте спочатку зупинимося на другому блоку програми. Цей блок пропонує детальний діагностичний аналіз, який дозволяє інженеру - механіку ретельно перевірити стан елементів ходової частини автомобіля. Окрім цього, він надає попередню оцінку, що допомагає зробити висновки про необхідні подальші ремонти.

Після того як сигнал був зчитаний з датчиків за допомогою пристрою VibroSUBTest і переданий на комп'ютер інженера-механіка через USB-порт, програма обробляє цей сигнал і відображає результати в окремому вікні.

Програма яку будемо використовувати виглядати таким чином.

На рис.2.8 Очевидно, що програмне забезпечення передбачає 5 сигналів, кожен з яких відповідає датчику, підключеному до певної частини ходової частини машини, а саме:

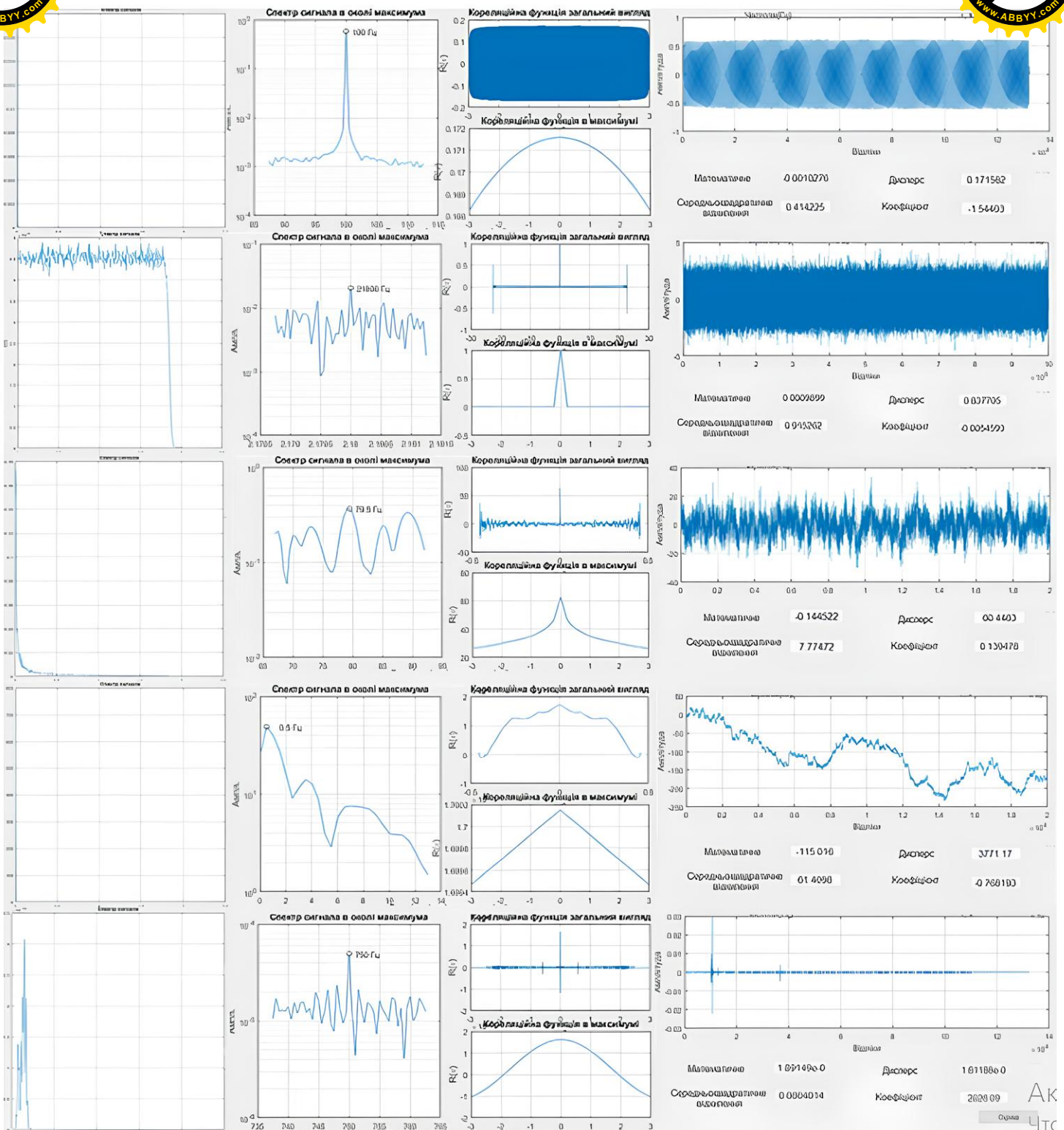


Рис. 2.11: Спостерігаємо процес діагностики в розгорнутому стані на 5 сигналів.

- Сигнал 1 – підшипник ступиці;
- Сигнал 2 – стійка стабілізатора поперечної стійкості;
- Сигнал 3 – амортизатор передній;
- Сигнал 4 – стабілізатор поперечної стабільності;



- Сигнал 5 – амортизатор задній

Кожен канал в режимі реального часу оброблює і виводить на екран ПК наступну інформацію:

- реалізація сигналу;
- спектральний аналіз;
- статистичний аналіз;
- кореляційний аналіз.

Діагностика трансмісій за допомогою датчиків вібрації

Трансмісія є однією з найважливіших частин автомобіля, що забезпечує передачу потужності від двигуна до коліс. Через складність конструкції та важливість для надійної роботи автомобіля, правильна діагностика трансмісії є критичною для підтримки її ефективності та запобігання серйозним поломкам. Одним із сучасних методів діагностики трансмісій є використання датчиків вібрації, які дозволяють виявляти проблеми на ранній стадії та уникати дорогого ремонту.

Датчики вібрації використовуються для моніторингу механічних коливань, що виникають під час роботи трансмісії. Вони працюють за допомогою п'єзоелектричних елементів або акселерометрів, які реагують на зміну вібраційних характеристик системи. Коли елементи трансмісії, такі як шестерні, підшипники чи вали, починають зношуватися або розбалансовуватися, характер вібрації змінюється. Виявивши такі зміни, датчики передають сигнал до системи діагностики, що дозволяє механікам швидко виявити проблему.

Основні види дефектів, які можна виявити за допомогою датчиків вібрації:

- Зношені підшипники.
- Деформація або знос зубців шестерень.
- Дисбаланс або несправність валів.
- Неправильна установка елементів трансмісії.

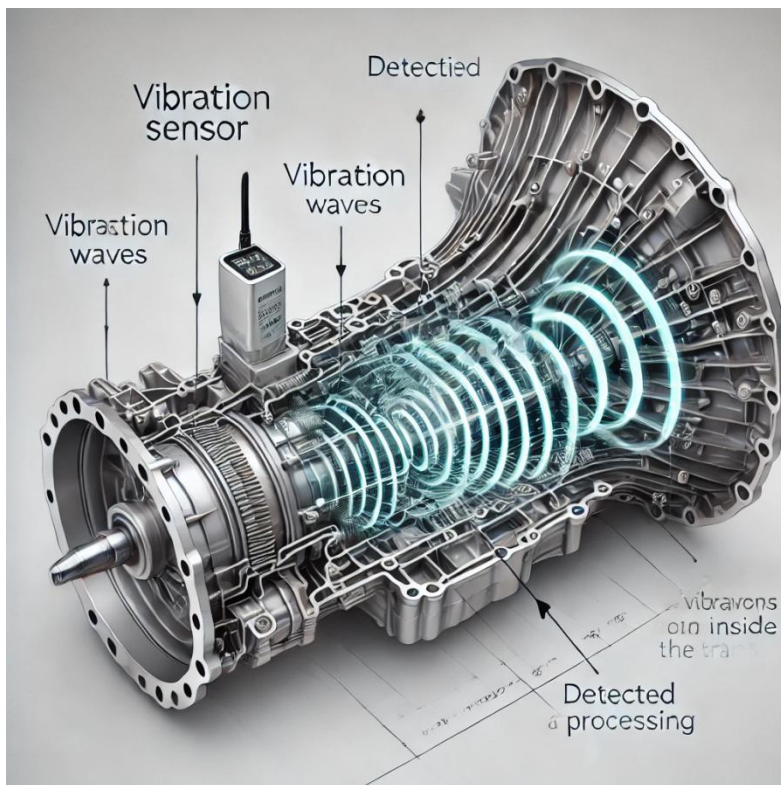


Рис.2.12: Схема роботи датчика вібрації в трансмісії.

На малюнку можна зобразити датчик, прикріплений до корпусу трансмісії, який вимірює вібрації та передає дані до бортового комп'ютера автомобіля або діагностичного пристрою.

Етапи діагностики трансмісії з використанням датчиків вібрації

Процес діагностики трансмісії за допомогою датчиків вібрації складається з кількох ключових етапів:

Монтаж датчиків вібрації

Датчики встановлюються в стратегічно важливих місцях на корпусі трансмісії, таких як підшипники, вали, коробка передач та інші елементи. Це дозволяє відстежувати коливання на різних ділянках трансмісійної системи.

Після встановлення датчики починають фіксувати вібрації, які передаються на систему обробки сигналів. За допомогою спеціальних програмних засобів можна виявляти аномальні коливання, що виходять за межі норми.

На цьому етапі здійснюється спектральний аналіз вібрацій. Кожна несправність трансмісії має свій характерний вібраційний "підпис".

Наприклад, зношені підшипники створюють високочастотні коливання, тоді як пошкодження зубців шестерень зазвичай викликає більш низькочастотні коливання.

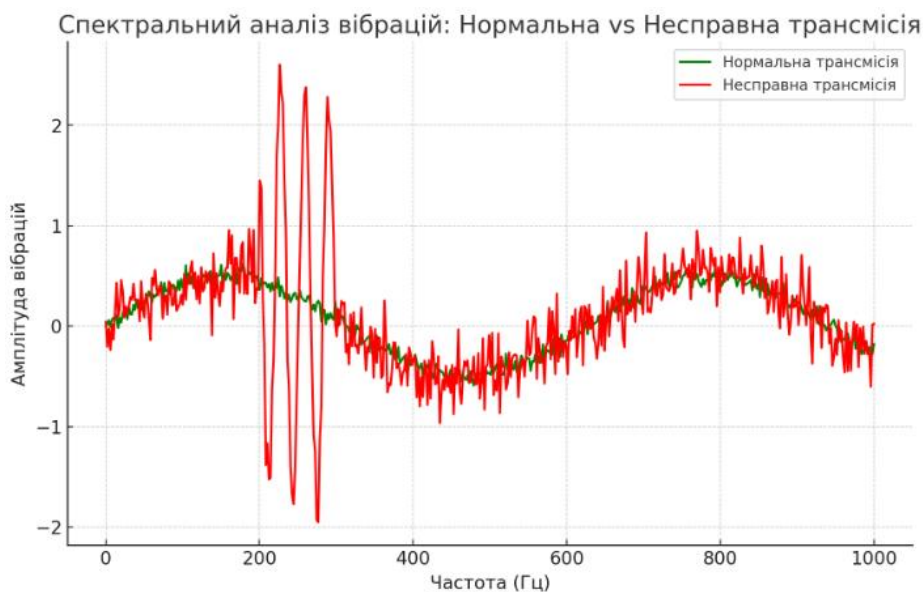


Рис.2.13. Спектральний аналіз вібрацій при діагностиці трансмісії.

Інтерпретація даних

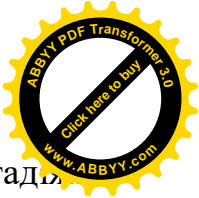
Після аналізу вібрацій дані порівнюються зі стандартними параметрами роботи трансмісії. Якщо вібрації виходять за встановлені межі, система діагностики видає попередження про можливу несправність. Важливо правильно інтерпретувати характер коливань, щоб визначити джерело проблеми.

На основі отриманих даних механіки можуть приймати рішення щодо подальших дій. Якщо датчики вказують на підвищений рівень вібрацій, необхідно провести додатковий огляд трансмісії для підтвердження несправності та виконання необхідних ремонтних робіт.

Використання датчиків вібрації для діагностики трансмісії має низку переваг:

Раннє виявлення несправностей: Датчики дозволяють виявляти навіть незначні зміни в роботі трансмісії, що дає можливість усунути несправність до того, як вона стане серйозною проблемою.

Підвищена точність: Вібраційний аналіз є точним методом діагностики, оскільки кожен тип несправності створює унікальний вібраційний підпис.



Зниження витрат на ремонт: Виявлення проблем на ранніх стадіях дозволяє зменшити витрати на ремонт, оскільки можна запобігти серйозним поломкам, які можуть вимагати дорогого відновлення або заміни деталей.

Безперервний моніторинг: Сучасні датчики вібрації можуть бути інтегровані з системами бортової діагностики автомобіля, забезпечуючи постійний моніторинг стану трансмісії під час експлуатації.

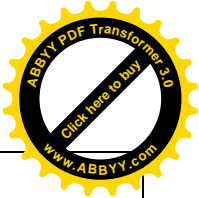
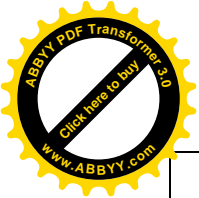
Датчики вібрації активно використовуються в сучасних автомобілях, особливо в тих, що оснащені складними автоматичними трансмісіями та системами повного приводу. Автомобілі преміум-класу часто оснащуються вбудованими системами моніторингу вібрацій, що дозволяє значно підвищити надійність та зменшити ризик серйозних поломок

Схеми розташування всіх датчиків на автомобіля.

Таблиця 2.4

Місце розташування всіх датчиків на автомобілі.

Деталь	Назва датчика	Опис	Місце встановлення	Функція
Ходова частина				
Підшипник ступиці	Акустичний Вібраційний Тепловий	Вимірює в режимі реального часу	Близько до ступиці	Виявляє характерні шуми, які можуть свідчити про знос або мікротріщини в підшипнику
Наконечників рульових тяг, рульова рейка	Вібраційний Акустичний	Вимірює в режимі реального часу	У рульовій колонці або на кермовій рейці	Допомагає виявляти аномальні вібрації, які можуть вказувати на початкові етапи зносу або пошкодження.
Гальмівні колодки	Знос гальмівних колодок	Визначає ступінь зносу гальмівних колодок	На гальмівних колодках	Попереджає про необхідність заміни колодок.
Армотизатори	Прискорення (акселерометр)	Вимірює вертикальні прискорення кузова та підвіски автомобіля	На кузові та на підвісці поруч із армотизаторами	Виявляє надмірні коливання кузова, що можуть свідчити про знос або недостатню ефективність амортизаторів.
Пружини або ресори	Вібраційні	Вимірює вібрації в режимі реального часу	Розміщаємо біля пружини або ресори	Допомагає виявляти аномальні вібрації, які можуть вказувати на початкові етапи зносу або пошкодження.
Гальмівні трубки	Тиску мастила	Вимірює тиск мастила в реальному часу	Розміщуємо на гальмівний циліндр	Допомагає виявляти витік гальмівної рідини
Салінблоки	Вібраційний Акустичний	Вимірює в режимі реального часу	Встановлюємо біля салінблока	Допомагає виявляти аномальні вібрації, які



Деталь	Назва датчика	Опис	Місце встановлення	Функція
				можуть вказувати на початкові етапи зносу або пошкодження.
Стабілізатор поперечної стійки	Вібраційні	Вимірює вібрації в режимі реального часу	Розміщаємо біля Стабілізатор поперечної стійки	Допомагає виявляти аномальні вібрації, які можуть вказувати на початкові етапи зносу або пошкодження.
Привод колеса	Акустичний Вібраційний Тепловий	Вимірює в режимі реального часу	Розміщаємо біля привода колеса	Допомагає виявляти аномальні вібрації, які можуть вказувати на початкові етапи зносу або пошкодження
Трансмiсія				
Зчеплення	Тиску рідини	Вимірює тиск мастила в реальному часу	У гідроприводі зчеплення	Виявляє зміну тиску рідини, що може свідчити про витік або недостатній тиск, пов'язаний зі зносом або пошкодженням гідроприводу.
	Температура	Вимірює температуру в реальному часі	На корпусі зчеплення	Виявляє перегрів компонентів зчеплення, що може вказувати на знос або пробуксовку.
	Вібраційні	Вимірює вібрації в режимі реального часу	На корпусі	Вібрації можуть свідчити про знос механічні несправності
Коробка передачі	Температура мастила	Вимірює температуру в реальному часі	У корпусі коробки передач	Дозволяє контролювати температуру масла і вчасно виявити перегрів, який може бути ознакою зносу або дефіциту масла
	Акустичний	Аналізує звукові хвилі, що створюються підшипником під час обертання	У корпусі коробки передач	Виявляє характерні шуми, які можуть свідчити про знос або мікротріщини в підшипнику
Диференціал	Вібраційні	Вимірює вібрації в режимі реального часу	На корпусі або на підвісці поблизу нього	Допомагає виявити аномальні вібрації, які можуть свідчити про знос підшипників, шестерень або погану балансування.
Карданний вал	Вібраційні	Вимірює вібрації в режимі реального часу	На корпусі карданного вала або поблизу нього	Вібрації можуть свідчити про знос хрестовини, розбалансування, знос підшипників або інші механічні несправності

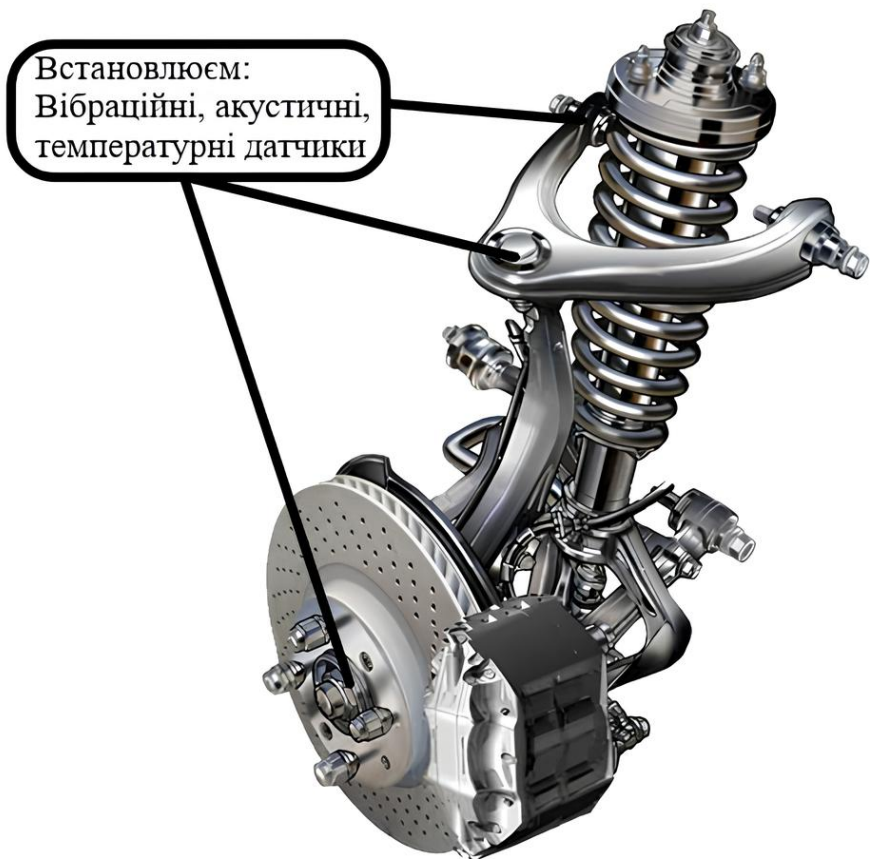


Рис.2.14 Місце розташування датчиків на ступичний підшипник та важелі передньої підвіски.

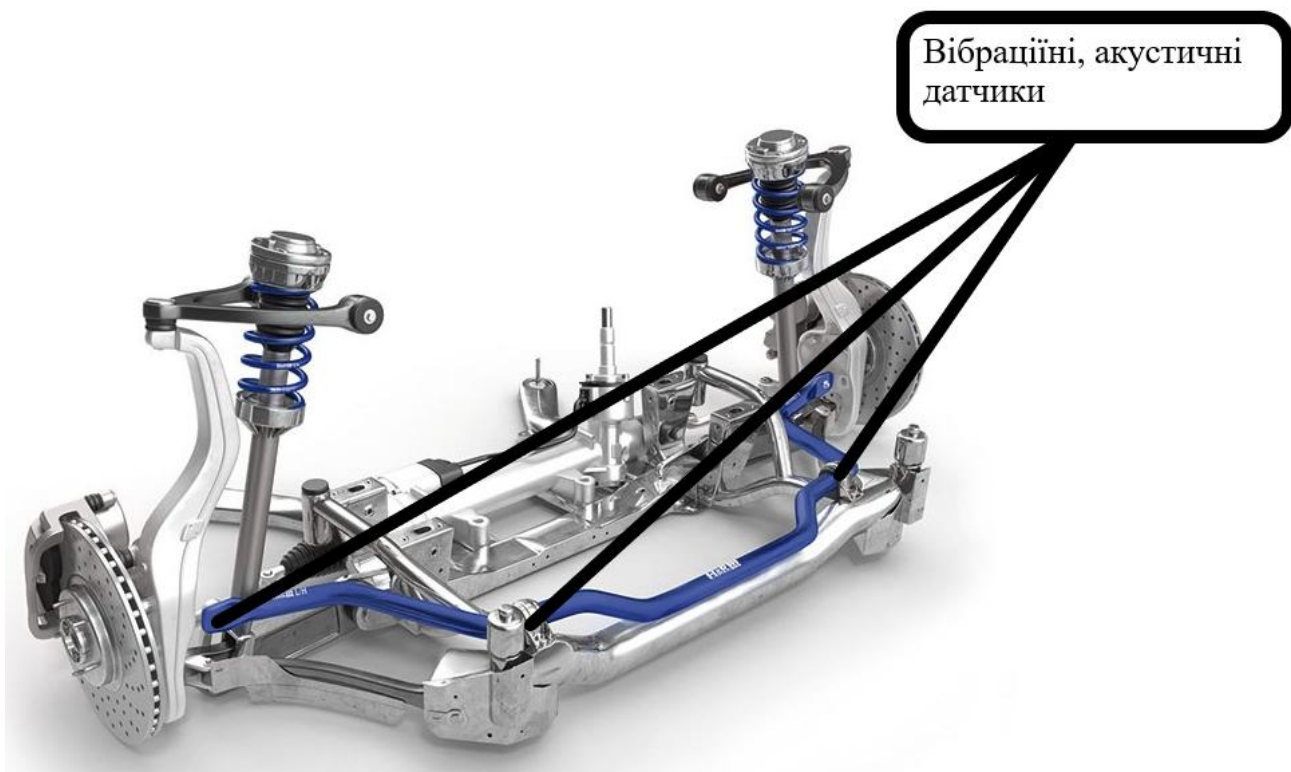


Рис.2.15: Місце розташування датчиків стабілізаційної стійки.

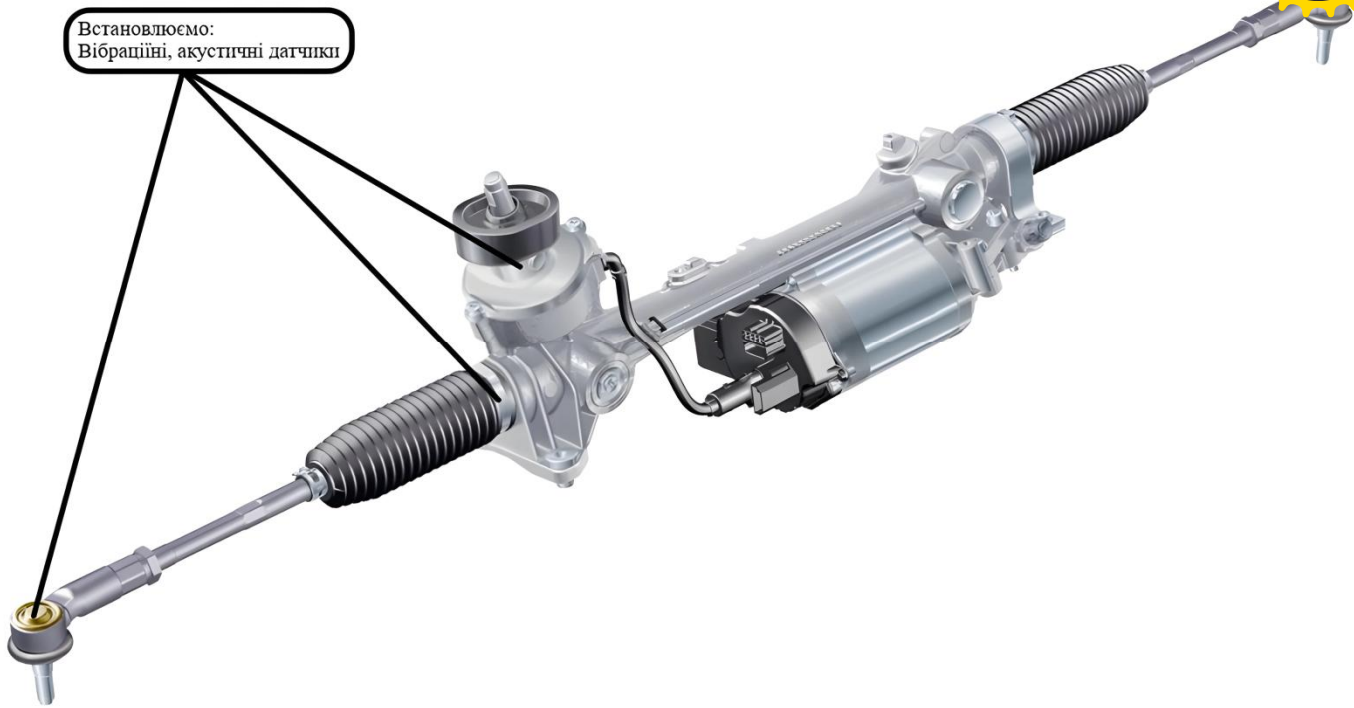


Рис.2.16: Місце розташування датчиків наконечників рульових тяг, рульова рейка.

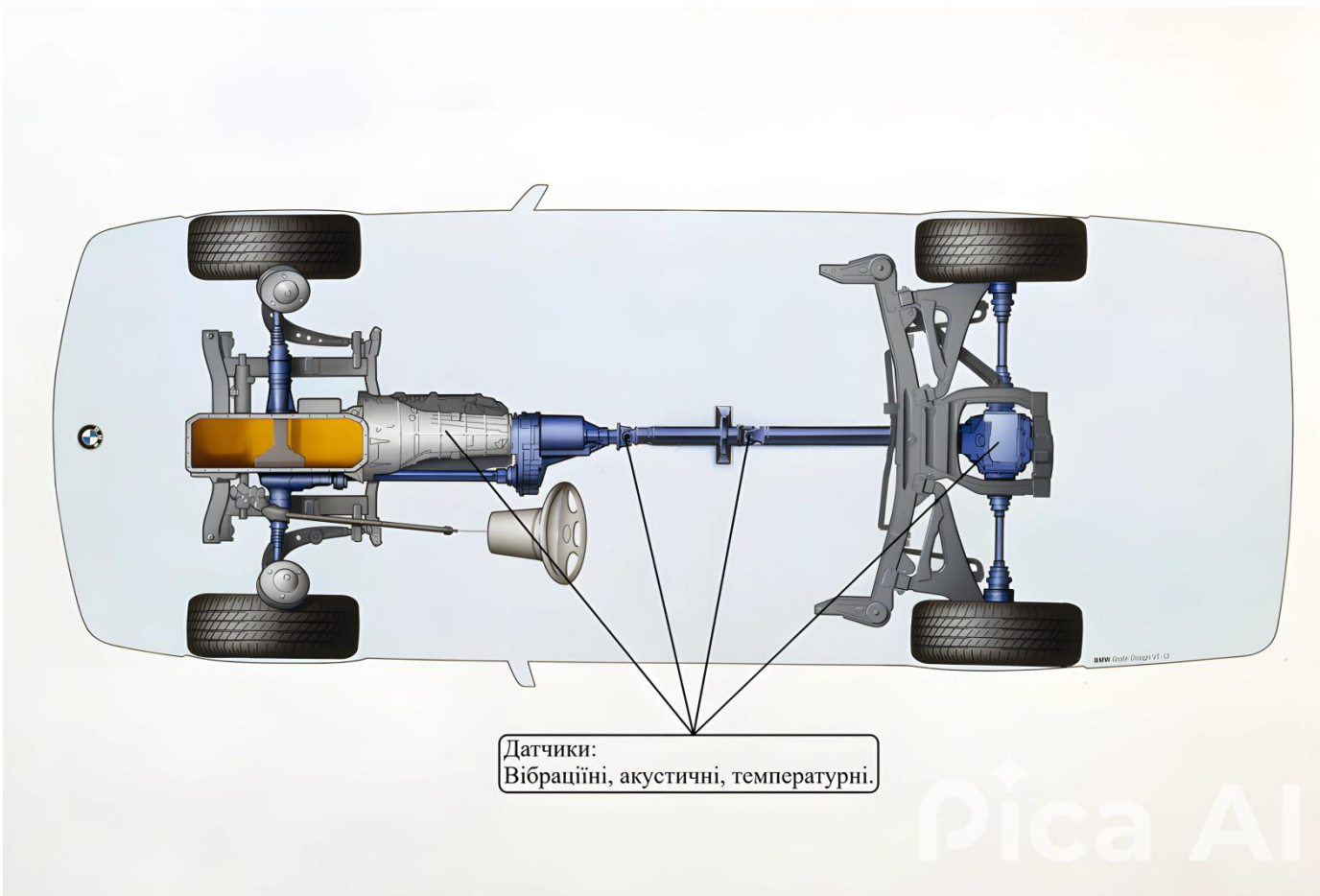


Рис.2.17: Місце розташування датчиків в трансмісії авто.

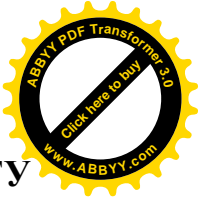


Висновок до другого розділу

У цій роботі було розглянуто сучасні методи діагностики стану ходової частини автомобілів, зокрема використання систем вібродіагностики в реальному часі. Запропонована система передбачає встановлення вібродатчиків у ключових точках шасі автомобіля з метою моніторингу технічного стану підвісних елементів. Особливу увагу приділено проектуванню структурної схеми діагностичного комплексу, обробці сигналів, що надходять з датчиків, та їх інтерпретації за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Запропонована система має значний потенціал для впровадження в автомобільній промисловості та на сервісних станціях. Її використання може суттєво підвищити рівень безпеки та надійності транспортних засобів, а також зменшити витрати на ремонт і обслуговування автомобілів.

Дослідження показало, що впровадження таких систем доцільне як для масового, так і для преміум-сегмента автотранспорту. Майбутні перспективи розробки пов'язані з удосконаленням алгоритмів аналізу сигналів, підвищенням чутливості датчиків і впровадженням бездротових технологій для передачі даних.



Розділ 3: ВРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ КУЗОВА ВІД КОРЗІЇ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

3.1 Вимірювання корозії транспортних засобів у режимі реального часу за допомогою електрохімічної захисту

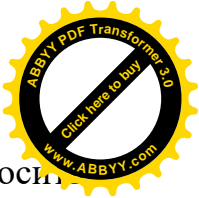
Корозія сталевих кузовів автомобілів є серйозною проблемою для автомобільної промисловості. Вона виникає під впливом агресивного середовища, яке формується внаслідок використання дорожньої солі, випадання кислотних опадів та дії природних чинників, таких як морське повітря у прибережних районах.

Одним із найпоширеніших методів уповільнення корозії є нанесення захисного покриття, яке блокує доступ іонів хлору до поверхні сталі. Цей підхід ефективний лише за умови, що покриття залишається неушкодженим і повністю покриває відкриті сталеві ділянки.

Альтернативний метод, що активно застосовується для захисту морських суден, трубопроводів та залізобетонних конструкцій, — катодний захист. Для катодного захисту використовують тимчасові аноди, подачу струму або їх комбінацію. Такий захист дієвий для металевих конструкцій, які перебувають у воді або в ґрунті, але менш ефективний для зовнішніх деталей, як-от автомобільні кузова, оскільки забезпечує лише обмежений локальний захист.

Розглядаємо сучасний стан катодного захисту для автомобільних конструкцій.

Метод катодного захисту з використанням захисного анода передбачає гальванічний зв'язок активнішого металу з металом, що потребує захисту, у відповідному електроліті. Контакт різнорідних металів в електричному та електролітному середовищах викликає потік струму, який знижує швидкість корозії захищеного металу (катада) за рахунок його поляризації до вищого катодного потенціалу. При цьому більш активний метал (анод) поляризується до ще активнішого потенціалу, що призводить до його прискореної корозії. Магній, цинк і алюміній зазвичай застосовуються як



витратні аноди. Цей метод, хоч і не потребує електронного блоку, є досить ефективним завдяки використанню солоної води як електроліту. Однак на зовнішніх конструкціях, таких як автомобілі, він має обмежену зону дії, але добре працює у дуже вологих умовах.

Метод катодного захисту постійного струму передбачає використання інертного анода і зовнішнього джерела струму. Поляризація екранованого металу до більш високого катодного потенціалу досягається за рахунок використання прикладеної напруги, яке управляє протіканням струму. Система доповнена анодами, які забезпечують неагресивну реакцію окислення. Катодний захист постійним струмом працює за тим же принципом поляризації з високим катодним потенціалом, що і метод із захисним анодом, в той час як катодний захист управляється спеціальним джерелом струму. Метод Impression CP вимагає вибору відповідного джерела живлення з урахуванням характеристик середовища, в якій застосовується захист. У морській воді аноди зазвичай розташовуються на відстані сотень метрів від конструкції, що захищається через низький опір водного середовища. Однак у деяких випадках анод слід розміщувати ближче до предмета, щоб ефективніше захистити сталеву конструкцію. Автомобільне середовище накладає певні обмеження на конструкцію катодного захисту через відсутність занурення і високого атмосферного опору.

Використання катодного захисту для автомобілів ускладнюється високим опором середовища. Більшість пристроїв використовують аноди з живленням від +12 В від автомобільного акумулятора, чого недостатньо для ефективного захисту. Оскільки анод заряджений позитивно (+12 В), його не можна встановити безпосередньо на кузов автомобіля, який має негативний заряд (-12 В), щоб уникнути короткого замикання. Тому аноди ізолюють від кузова, і захист працює ефективно тільки тоді, коли анод перебуває у воді, що діє як електроліт для проходження струму. У більшості комерційних систем застосовується або анодний CP, або імпресійний CP, проте спроби поєднати обидва методи часто виявляються невдалими через складність.

Прикладом пристрою катодного захисту для автомобілів є модуль RustStop RS-5® (zareєстрована торгова марка RustStop), який поєднує СР із витратним анодом і імпресійний СР. Модуль забезпечує напругу 45 В на анод, і чим більша різниця потенціалів, тим сильніший струм і ширша зона захисту. Проте з напругою +45 В на аноді та -12 В на автомобілі безпосереднє підключення анода до металу неможливе. Тому було розроблено "клеюку струмопровідну стрічку", яка дозволяє передавати струм і зберігати високу напругу на рис.3.1. Це створює постійний електроліт, що забезпечує ефективність модуля навіть у сухих умовах. У вологих умовах стрічка стає ще більш провідною, підвищуючи ефективність захисту, що є особливо корисним.

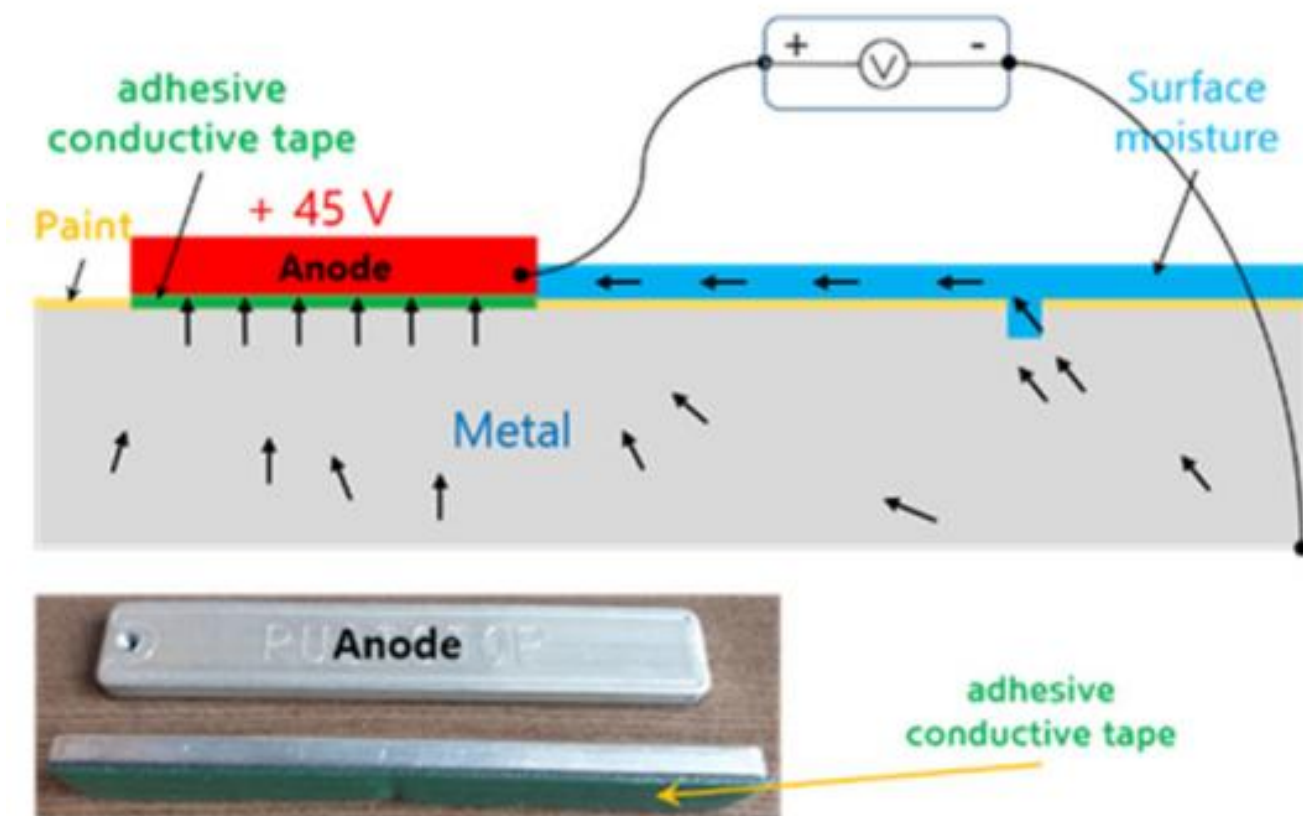


Рис. 3.1 представлено використання модуля постійного струму для автомобіля.

Кузов автомобіля покритий лакофарбовим покриттям і заземлений до катода. Катодний захист можна встановити, видаливши фарбу в зоні, де кріпиться анод, і закріпивши його за допомогою струмопровідної клейкої

стрічки. Струм починає текти від анодної пластини, струм, який негативною напругою, протікає через кузов автомобіля, який є позитивною напругою. Цей потік струму в кінцевому підсумку запобігає утворенню іржі на кузові автомобіля.

Цей потік струму в кінцевому підсумку запобігає утворенню іржі на кузові автомобіля. У сухих умовах струм протікає всередині металу, захищаючи його. Під час дощу або снігу

Коли кузов автомобіля мокрий від дощу або снігу, і вода стікає на поверхню кузова, вода стає електролітом і протікає більше струму.

Модуль постійного струму досягає свого максимального струму. У мокрому стані.

Стрічка добре проводить струм, тому вільні електрони активно притягуються один до одного.

Це проілюстровано на рис. 3.2. Автомобільний катодний захист привабливий тому, що привабливий тим, що дозволяє використовувати недорогі матеріали, зберігаючи при цьому корозійну стійкість. Тому ми дослідили можливість використання модулів постійного струму в транспортних засобах.

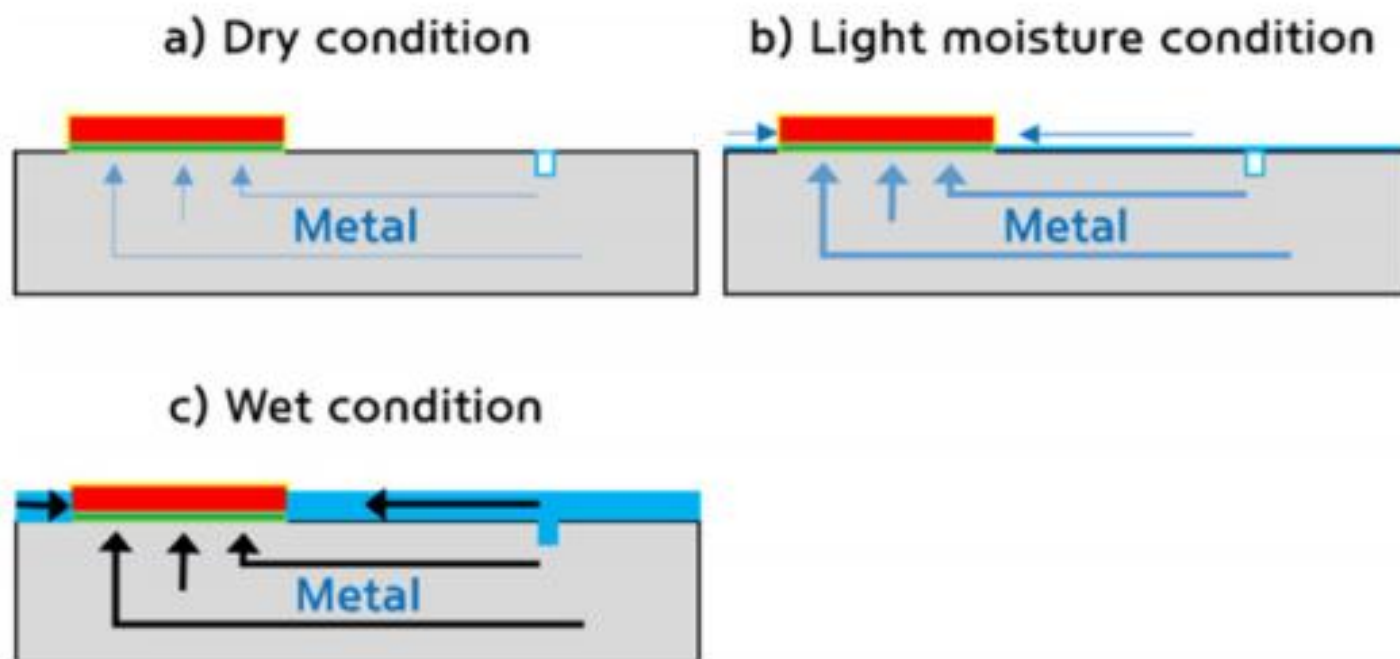




Рис.3.2: При застосуванні анода клейкої стрічки струм проходить навіть у сухих умовах, але при невеликій вологості або вологості провідність клейкої стрічки збільшується, що збільшує струм

Ми провели корозійні випробування в лабораторії, щоб дослідити ефективність модулів постійного струму для катодного захисту.

Прискорене випробування на корозію дозволяє отримати якісну, а не кількісну оцінку ефективності інгібіторів корозії. До того ж, тестування проводилось на простій металевій пластині, а не на реальному автомобілі. Пластина дала змогу легко застосувати постійний струм по всій поверхні, однак у справжньому транспортному засобі це може бути складніше. Через значну довжину зразка (120 см) порівняно з робочою зоною (40 см) корозійне середовище змінювалося залежно від місця на зразку, що впливало на ефективність катодного захисту.

Оскільки зразок є довгим, коли соляний туман або вологість застосовуються з протилежного кінця до електродної пластини, катодний захист через водяну плівку на поверхні не може спрацювати миттєво. Випробування на корозію проводили з урахуванням цих умов, використовуючи при цьому пристрій моніторингу для якісної оцінки, що відповідала умовам корозії, які можна спостерігати на острові Чеджу протягом двох років.

Зона біля електродної пластини позначалася як «місце 1», а віддалена зона — як «місце 2». Результати випробування показали, що в місці 1 було досягнуто значного захисту від корозії, а в місці 2 ефективність захисту склала близько 75% порівняно з контрольним зразком. На малюнку... показана схема катодного захисту автомобіля з чотирма анодами. Лабораторні випробування підтвердили, що один анод захищає до 120 см металу, тому для повного захисту автомобіля достатньо чотирьох анодів.

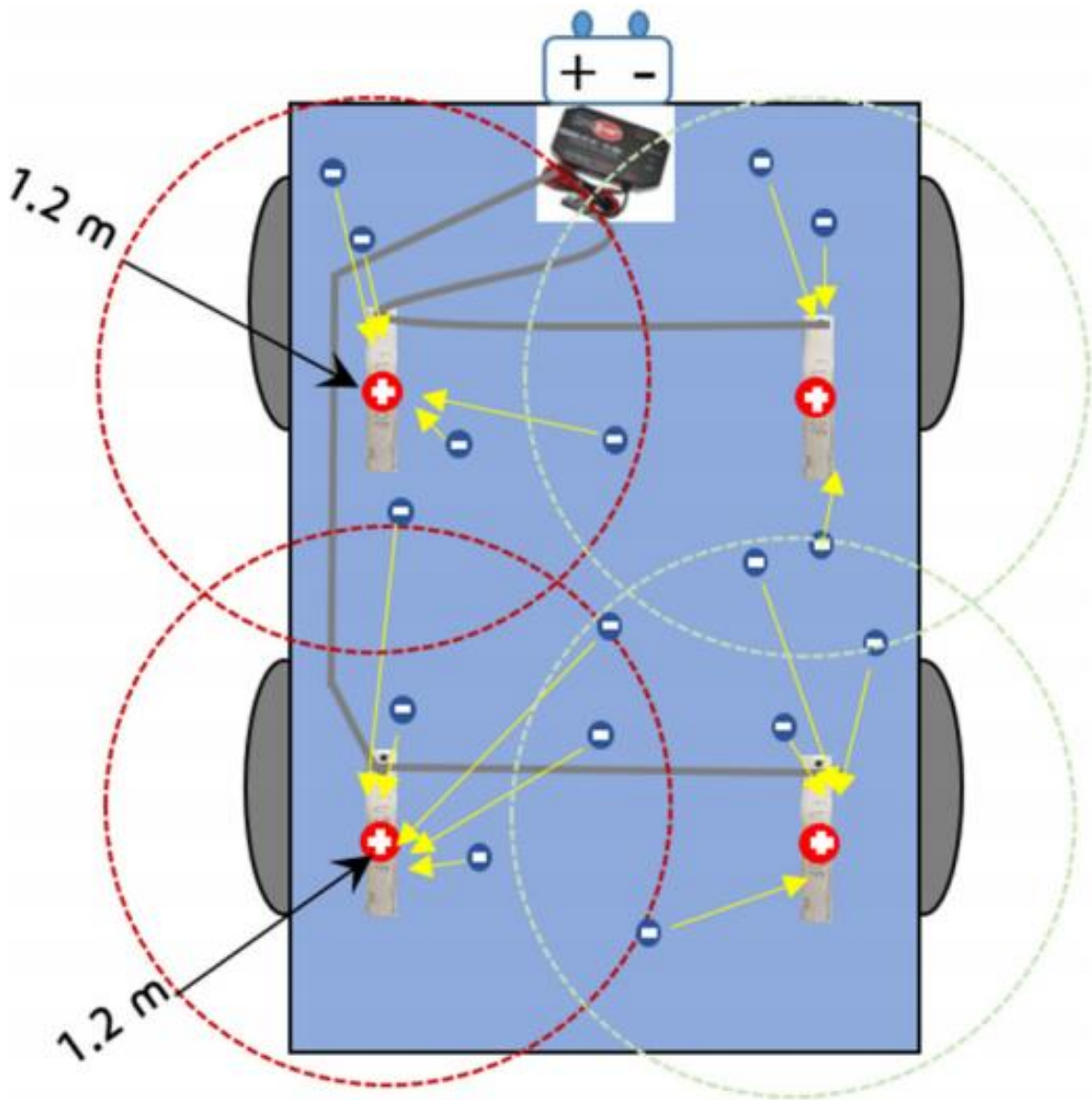
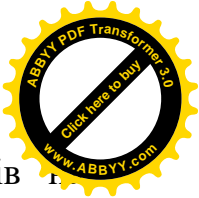


Рис.3.3: Показана схема конфігурації пристрою катодного захисту з чотирма анодами, встановленого на транспортному засобі

Причина такого широкого радіуса захисту навіть без електроліту полягає у використанні спеціальної струмопровідної стрічки з графіту, яка забезпечує надійне проведення струму та слугує постійним електролітом у будь-яких умовах. Втім, результати експерименту можуть відрізнятися залежно від умов довкілля, таких як товщина водяної плівки та опір електроліту.

На відміну від стандартного антикорозійного покриття, яке захищає лише місця нанесення, модуль постійного струму надає захист для всієї металевої поверхні автомобіля і не потребує повторного застосування у разі



пошкодження. Комбінування цього модуля з нанесенням покриттів вразливі ділянки автомобіля дозволяє досягти максимального антикорозійного захисту.

3.2 Різні методи захисту автомобіля від корозії

Дослідження включає збір даних на випадковій вибірці оброблених і необроблених автомобілів з використанням цифрової візуалізації та анкетування власників. Усі сучасні автомобілі проходять антикорозійну обробку на стадії виробництва, тому фактично не існує повністю необроблених сучасних автомобілів. Проте післяпродажне антикорозійне обслуговування залишається затребуваним для додаткового захисту від корозії. Це дослідження зосереджене на таких післяпродажних обробках: термін «оброблені» означає транспортні засоби, на які нанесено антикорозійні засоби після придбання, тоді як «необроблені» — це автомобілі, що мають лише антикорозійну обробку, виконану виробником (Hu, 2016), без додаткового застосування антикорозійних засобів з вторинного ринку.

Збір даних проводився у два етапи, з 2014 по 2016 рік. Загалом було зібрано дані з 228 автомобілів, оброблених засобом Krown (67 на першому етапі та 161 на другому). Крім того, було відібрано 141 необроблений автомобіль (104 на першому етапі та 37 на другому), що включає різні марки, моделі та роки випуску. Дані оброблених автомобілів збиралися на трьох підприємствах Krown в Онтаріо, тоді як дані з необроблених автомобілів охоплювали як транспортні засоби на підприємствах переробки Standard Auto Wreckers і A&L Auto Recyclers, так і автомобілі, які прибули на обслуговування в Krown (наприклад, для ротації шин або заміни оливи).

Крім транспортних засобів, зібраних на підприємствах з утилізації, власників інших автомобілів опитували про історію використання: умови їзди (міські чи міжміські поїздки, вплив солі на зимових дорогах, тип покриття), зберігання, антикорозійний захист, технічне обслуговування та ремонт. Це дослідження було схвалене Радою з етики досліджень



Університету Віндзора.

Оброблені транспортні засоби раніше отримували антикорозійне покриття Krown T40 «Rust Protect» на масляній основі, без розчинників. Невелика частка оброблених автомобілів також могла мати додатковий захист, як-от підфарбовування або катодні/анодні пристрої. Під час анкетування на другому етапі власників автомобілів Krown запитували про методи захисту, які вони застосовували. З них 87% використовували лише обробку спреєм Krown, менше 7% додатково застосовували інші методи, а ще менше 2% комбінували спрей з катодним/анодним захистом.

Таким чином, для цього дослідження «обробленими» вважаються автомобілі, на які був нанесений засіб Krown T40, незалежно від того, чи використовувалися додаткові антикорозійні методи з вторинного ринку.

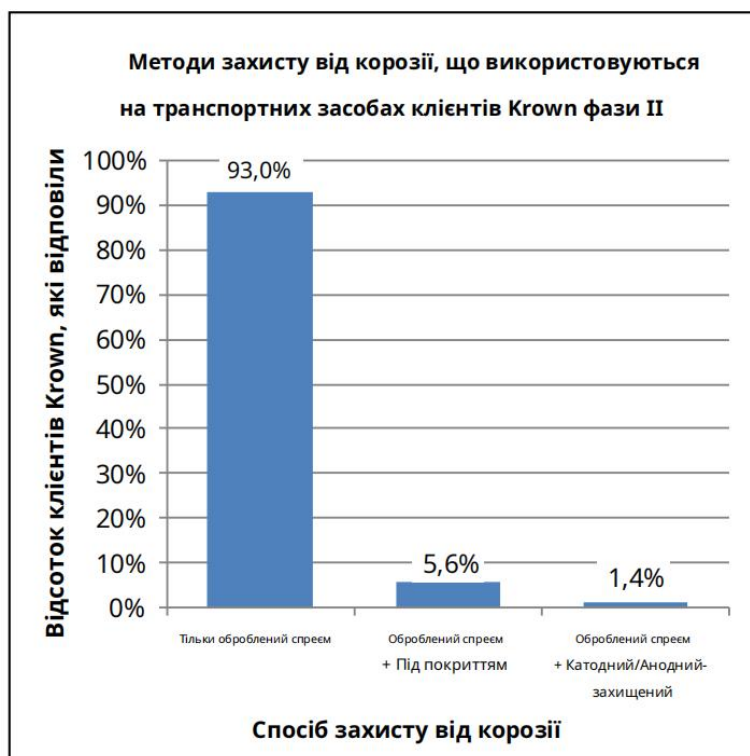


Рис.3.4: Частка транспортних засобів клієнтів, досліджених Фазою II, які отримали різні комбінації оброблені від корозії

Збір даних про кожен транспортний засіб передбачав перевірку корозії на 17 цільових типах деталей, які відомі типовим типам, і 6 типах деталей днища.

Збір даних про кожен транспортний засіб передбачав перевірку корозії

Панелі кузова:	Нижня частина кузова:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Капот 2. Праве крило 3. Ліве крило 4. Праве передні двері 5. Ліве передні двері 6. Праве задні двері 7. Ліве задні двері 8. Права чверть панелі 9. Ліва чверть панелі 10. Права панель перемикачів 11. Ліва панель перемикачів 	<ol style="list-style-type: none"> 12. Передній хрестовина 13. Задня хрестовина 14. Правий передній кронштейн управління 15. Лівий передній кронштейн управління 16. Правий задній важіль управління 17. Лівий задній важіль управління

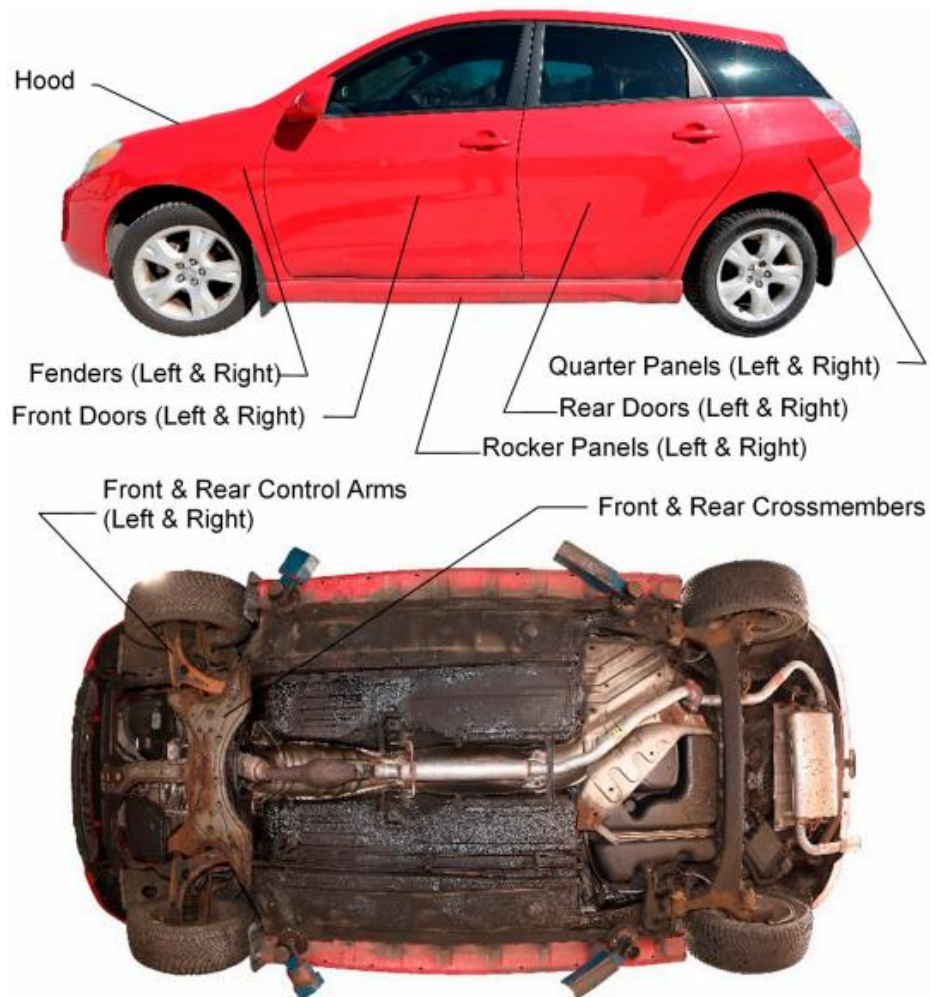




Рис.3.5 :Схильні до корозії кузовні панелі та деталі днища, що використовуються для дослідження корозії.

3.3 Цілеспрямований антикорозійний захист

Canon PowerShot G5X, і кожна з них була оснащена світлодіодним освітлювальним приладом Aputure Amaran ALN160 On-Camera. Кут зйомки, належне освітлення та чіткість (роздільна здатність) зроблених фотографій були ключовими параметрами, що впливають на якість даних. Під час програми відбору зразків кожному транспортному засобу було приділено достатньо часу (приблизно 20-25 хв на аналіз кожного транспортного засобу), а освітлення було відрегульовано таким чином, щоб корозійні ділянки були чітко видимими для полегшення точного аналізу. Під час отримання цифрових зображень деталей транспортного засобу в якості еталонної шкали використовувалася метрична лінійка з Т-подібною шкалою, що дозволяє вимірювати відстані та площу (див. рис. 3). Отримані цифрові зображення були проаналізовані за допомогою безкоштовного програмного пакету для аналізу зображень Analyzing Digital Images (ADI), спочатку розробленого Джоном Піклом і Жаклін Кіртлі (Музей науки, Бостон) і оновленого Деном Галладжем (Інститут STEM-освіти, Університет Массачусетсу, Амхерст). ADI є частиною програмного забезпечення для аналізу зображень Digital Earth Watch (DEW), яке, в свою чергу, є частиною навчальної програми Global Systems Science - міждисциплінарного інтегрованого курсу для старшокласників, що наголошує на тому, як вчені працюють разом, щоб зрозуміти важливі проблеми глобального впливу. Програмне забезпечення DEW надає, наприклад, інструменти цифрового аналізу зображень для якісного та кількісного аналізу зображень Землі на предмет змін в екосистемах з плином часу (наприклад, вирубки лісів, зростання міст тощо).

Ці ж програмні засоби можна легко застосувати для вимірювання корозії на цифрових зображеннях деталей транспортних засобів. Коли зображення відкривається в програмному забезпеченні, його можна обрізати



або змінити розмір, якщо це необхідно для прискорення обробки. Масштаб зображення можна встановити, використовуючи, наприклад, відому відстань, представлену на зображенні, ділянки корозії можна окреслити за допомогою інструменту «Полігон», а потім автоматично розрахувати площу корозії. На рисунку 4 показано приклад використання програмного забезпечення ADI для ідентифікації, ручного окреслення та аналізу ділянки корозії на цифровому зображенні.

Ділянки корозії на зображенні, які потрібно було виміряти, були ідентифіковані візуально, на основі переважно на основі кольору. Як показано на рис.3.6, процес вимірювання включав завантаження фотографії деталі в програмне забезпечення ADI, обрізку або зміну розміру зображення, якщо це необхідно для підвищення швидкості обробки, встановлення масштабу зображення (тобто, калібрування розміру пікселів), окреслення області для вимірювання за допомогою інструменту «Полігон», збереження результатів вимірювання площі (і пов'язаного з ним номера фотографії, назви типу деталі тощо) у текстовий файл (для подальшого імпорту у файл електронної таблиці для обчислення даних), збереження фотографії з окресленою областю у файл a.jpg (для документування областей, врахованих у вимірюваннях CI), і повторення кроків для кожної області корозії, яка повинна бути врахована на конкретній деталі на зображенні. Цей процес повторювався для кожної зробленої фотографії.

З погляду енергетичних служб важливим є оцінка впливу корозії алюмінію проводів стаціонарних повітряних ЛЕП на електрику корозії алюмінію проводів стаціонарних повітряних ЛЕП на електричні параметри мережі, зокрема, на втрати в лінії. Корозійний процес веде до зменшення діаметра провідника d . Нехтуємо нерівномірністю корозійних процесів по всій довжині ЛЕП. Тоді можна сказати, що корозія алюмінію проводів ЛЕП призводить до зменшення діаметра алюмінієвої жили дроту на величину Δd_0 за один рік. Своєю чергою значення діаметра проводу впливає на опір ЛЕП.

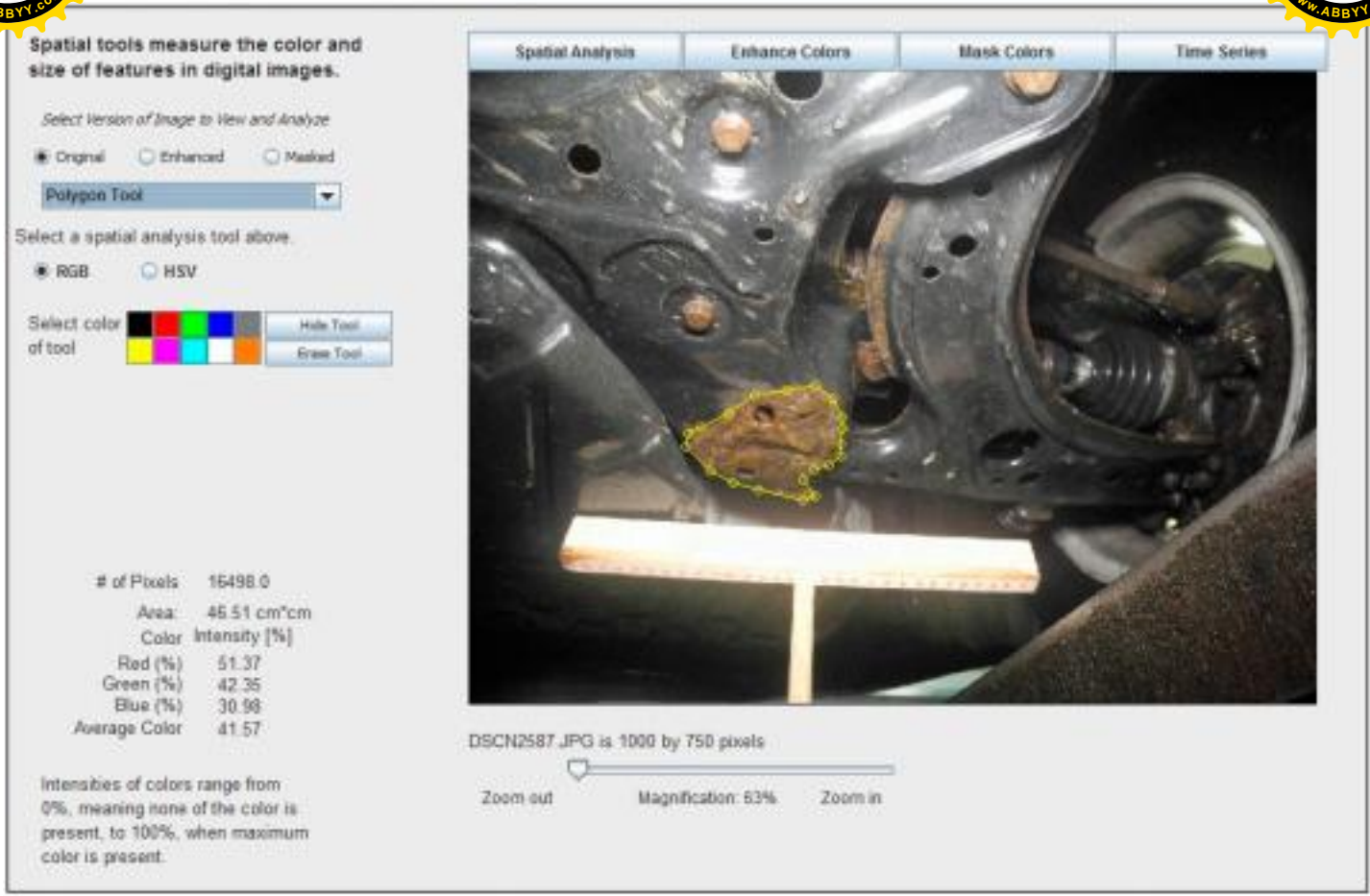


Рис.3.6: Приклад використання програмного забезпечення ADI для ідентифікації, ручного виділення та аналізу корозійної ділянки розміром 46,51 см² на цифровому зображенні поперечини Volkswagen Jetta 2001 року випуску, виміряної за допомогою Т-образної шкали довжиною 30 см

З огляду на те, що зміна діаметра мізерно мала, зміною реактивного опору лінії електропередач можна знехтувати. Таким чином, на цьому етапі можна зробити висновок, що корозія алюмінієвих проводів ЛЕП впливає на величину активного опору R , а отже, і на величину активних втрат P , оскільки $P \approx R$.

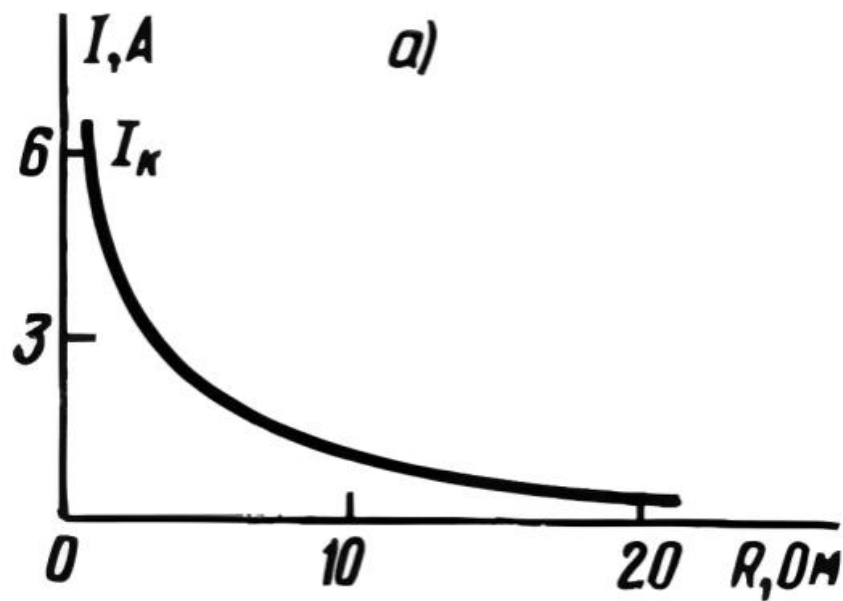


Рис.3.7: Графічне зображення складності сили-струму I від середньої опори R в електричному колі.

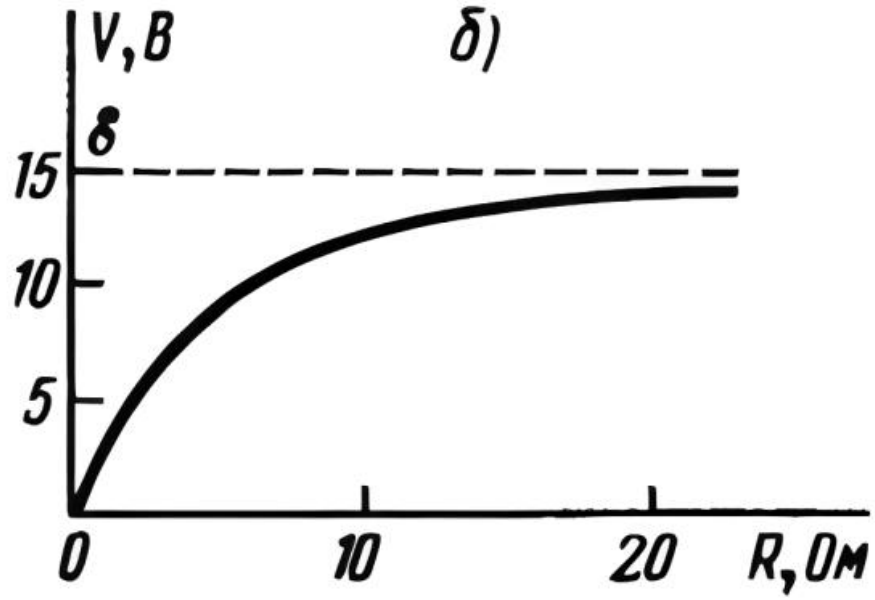
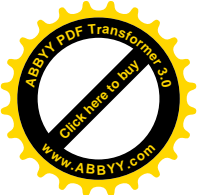


Рис.3.8: Графічне залежності напруги V на R опори в електричному колі.

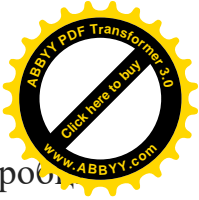
На даних рисунках зображено як працює постійний струм у разі виникнення корозії на автомобілі зменшується сила струму від опори в електричному колі, та зростають вольти в опорах електричного кола.

3.4 Впровадження штучний інтелект на АТЗ для відстежування стану автомобіля в реальному часі.

Найпоширеніші приклади сучасних технологій включають смартфони, пошукову систему Google, рекламні платформи та соціальні мережі. Ці платформи аналізують спостереження за поведінкою користувачів і

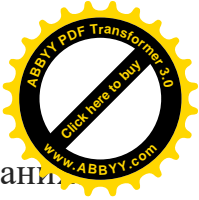


пропонують персоналізовані рекомендації відповідно до їхніх інтересів. Д.
підвищення ефективності та інтелектуального рівня багато галузей, включаючи Tesla, активно інвестують у розвиток нових технологій штучного інтелекту (ШІ). ШІ визначається як здатність системи адекватно сприймати зовнішню інформацію, правильно її інтерпретувати та застосовувати ці знання для досягнення поставлених цілей завдяки адаптивності. Технології ШІ успішно застосовуються у різних сферах, таких як прогнозне обслуговування (PdM), оцінка якості, безпекова аналітика та гарантійна аналітика. Для опису розвитку систем ШІ, спрямованих на підтримку здоров'я компонентів, продуктів і систем, використовуються терміни електронне обслуговування, прогностика, управління здоров'ям, а також "розумне" обслуговування чи Обслуговування 4.0. Особливо великі зміни відбуваються у світовій автомобільній промисловості завдяки впровадженню ШІ в технічне обслуговування транспортних засобів. Діагностика несправностей автомобіля (VFD), також znana як діагностика транспортних засобів, є складним, але критично важливим компонентом технічного обслуговування. Її завдання полягає у збиранні та аналізі сигналів із різних систем автомобіля для визначення причин проблем чи несправностей. Датчики та спеціалізоване програмне забезпечення слідкують за станом автомобіля, фіксують відхилення в роботі, які потребують уваги, і завчасно виявляють потенційні проблеми. Вони також надають рекомендації щодо необхідних заходів із технічного обслуговування, що дозволяє уникнути зайвих витрат завдяки своєчасному вирішенню проблем. Система аналізує дані з автомобілів і генерує цінну інформацію, яка допомагає прогнозувати та запобігати поломкам. Ця технологія здатна прогнозувати залишковий корисний ресурс (RUL) компонентів автомобіля та виявляти несправності чи погіршення продуктивності ще на ранній стадії. Оскільки сучасні транспортні засоби дедалі ускладнюються, виникають труднощі з точністю роботи існуючих систем, заснованих на жорстких правилах та бортовій діагностиці (OBD), які часто не можуть забезпечити потрібну ефективність



чи своєчасність роботи. Тому актуальною залишається потреба у розробці нових, більш удосконалених рішень на ключових рівнях. Системи на основі правил, хоча і є простими у впровадженні й зрозумілими для аналізу, часто демонструють низьку продуктивність у складних ситуаціях або при великій кількості правил. Це обмеження призводить до неефективності під час розгляду комплексних випадків або значної бази даних. З іншого боку, OBD-системи залежать від аналізу діагностичних кодів несправностей і мають переважно реактивний характер: вони виявляють проблему лише після її виникнення. Крім того, ці системи надають обмежений обсяг даних, посилюючи навантаження на технічний персонал при пошуку причин несправностей. Усунення таких недоліків матиме значний вплив — це дозволить знизити витрати на обслуговування, покращити продуктивність і довговічність транспортних засобів, підвищити безпеку й надійність експлуатації, а також зменшити екологічний вплив за рахунок оптимізації графіку превентивного обслуговування.

Сучасні досягнення у сфері штучного інтелекту відкрили нові горизонти для вдосконалення процесів технічного обслуговування автомобілів. Різноманітні підходи, такі як машинне навчання (ML) і глибоке навчання (DL), забезпечують перспективні інструменти для покращення точності діагностики, вдосконалення прогностного обслуговування та адаптації до складних систем транспортних засобів. У своїх роботах Гунг і співавтори проаналізували алгоритми ML, призначені для прогнозування та попередження несправностей у ключових автомобільних системах, таких як трансмісія, двигун і шини. Вони зазначають, що головною проблемою залишається перевірка розроблених методів на реальних наборах даних, які часто частково позначені та потребують значних ресурсів для їх анотації. Дослідники рекомендують зосередитися на мета-навчанні та поєднанні різних ШІ-моделей для вдосконалення існуючих технологій. Інший підхід досліджували Джайн із колегами, які надали ґрунтовний огляд застосування ML як ефективного рішення для прогностної діагностики автомобільних



систем, попри проблеми через обмежений доступ до сенсорів і даних. Паралельно Рашид та інші дослідники узагальнили ML-методи, орієнтовані на прогнозування несправностей, акцентуючи увагу на їхніх теоретичних і практичних аспектах у системах моніторингу стану транспортних засобів. Вони дійшли висновку, що існуючі системи OBD не можуть чітко розрізняти дрібні та критичні несправності, що потребує розробки більш досконалих методів для забезпечення ефективного аналізу та діагностики. Окремо відзначаються останні досягнення у глибокому навчанні, які використовуються для розширення можливостей ML у контексті діагностики несправностей (VFD). Зокрема, поточні дослідження досліджують підходи DL для виявлення проблем у різних компонентах електромобілів. Махлев і співавтори розглянули потенціал DL для діагностики та прогнозики акумуляторів електромобілів, однак цей напрямок залишається недостатньо освоєним. Попри те, що згадані роботи здебільшого спрямовані на окремі компоненти або системи транспортних засобів, постає необхідність у створенні інтегрованих ШІ-рішень, які могли б охоплювати всі автомобільні системи. Огляд підкреслює важливість численних ML- і DL-алгоритмів, які застосовуються як у модельно-орієнтованих, так і сигнал-орієнтованих підходах для аналізу несправностей систем двигуна, підвіски, шин, трансмісії й гальм. Крім того, він зосереджується на оцінці поточного стану впровадження ШІ у прогнозне обслуговування та діагностику несправностей електромобілів і автономних транспортних засобів. Це передбачає вивчення ефективності різноманітних ШІ-методів, виявлення бар'єрів для їхнього впровадження, а також аналіз економічних, етичних і кадрових аспектів. Завдяки структурованому аналізу ролі ШІ в революціонізації технічного обслуговування автомобілів стаття пропонує цінну інформацію для науковців, фахівців галузі та осіб, що ухвалюють рішення. Метою є сприяння подальшим проривам у стратегіях діагностики та обслуговування автомобільних систем.



Протягом років для діагностики несправностей автомобіля застосовувалися різні методи аналізу, зокрема на основі моделей, сигналів і знань. Кожен із цих підходів має свої особливості та принципи роботи. Модельний підхід оперує математичними рівняннями, які встановлюють взаємозв'язок між вхідними і вихідними даними системи. Його ключовий елемент полягає у визначенні залишку через порівняння прогнозованих виходів моделі з фактичними значеннями системи в режимі реального часу. Будь-які зміни в компоненті призводять до відповідної зміни залишку, оскільки реальна система поступово відхиляється від заданої моделі через природне зношення. Сигнальні техніки, на відміну від модельного підходу, орієнтуються виключно на аналіз спостережуваних вихідних сигналів. Для цього використовуються різноманітні методи виділення ознак, що дозволяють ідентифікувати несправності без необхідності створення математичних моделей. Методи, засновані на знаннях, мають певну схожість із сигнальними техніками — обидва фокусуються на виділенні ознак для оцінки стану системи. Проте основна відмінність полягає у підходах до створення баз даних для порівнянь. Сигнальний підхід вимагає попереднього формування патернів і кореляцій між ознаками та станами системи за допомогою наборів даних, сформованих за участі людини. Зазвичай такі патерни досить прості й базуються на розумінні фізичної поведінки компонентів системи. Методи, засновані на знаннях, навпаки, автоматично будують зв'язок між ознаками та станами. Цей підхід передбачає навчання класифікатора шляхом аналізу великої кількості прикладів. Класифікатор самостійно виділяє ключові патерни, необхідні для правильної ідентифікації несправностей. Як зазначають дослідники, зокрема Дай та інші, такий метод потребує значно більшого обсягу даних для навчання у порівнянні з сигнальними чи модельними техніками, які здебільшого потребують даних лише для перевірки правильності роботи. Обсяг даних, що генеруються сучасними автомобілями, а також їх механічна складність постійно зростають. У зв'язку з цим аналіз на основі знань, орієнтований на

використання штучного інтелекту, стає більш популярним та ефективним, порівнянні з традиційними методами, які ґрунтуються на моделях або сигналах.

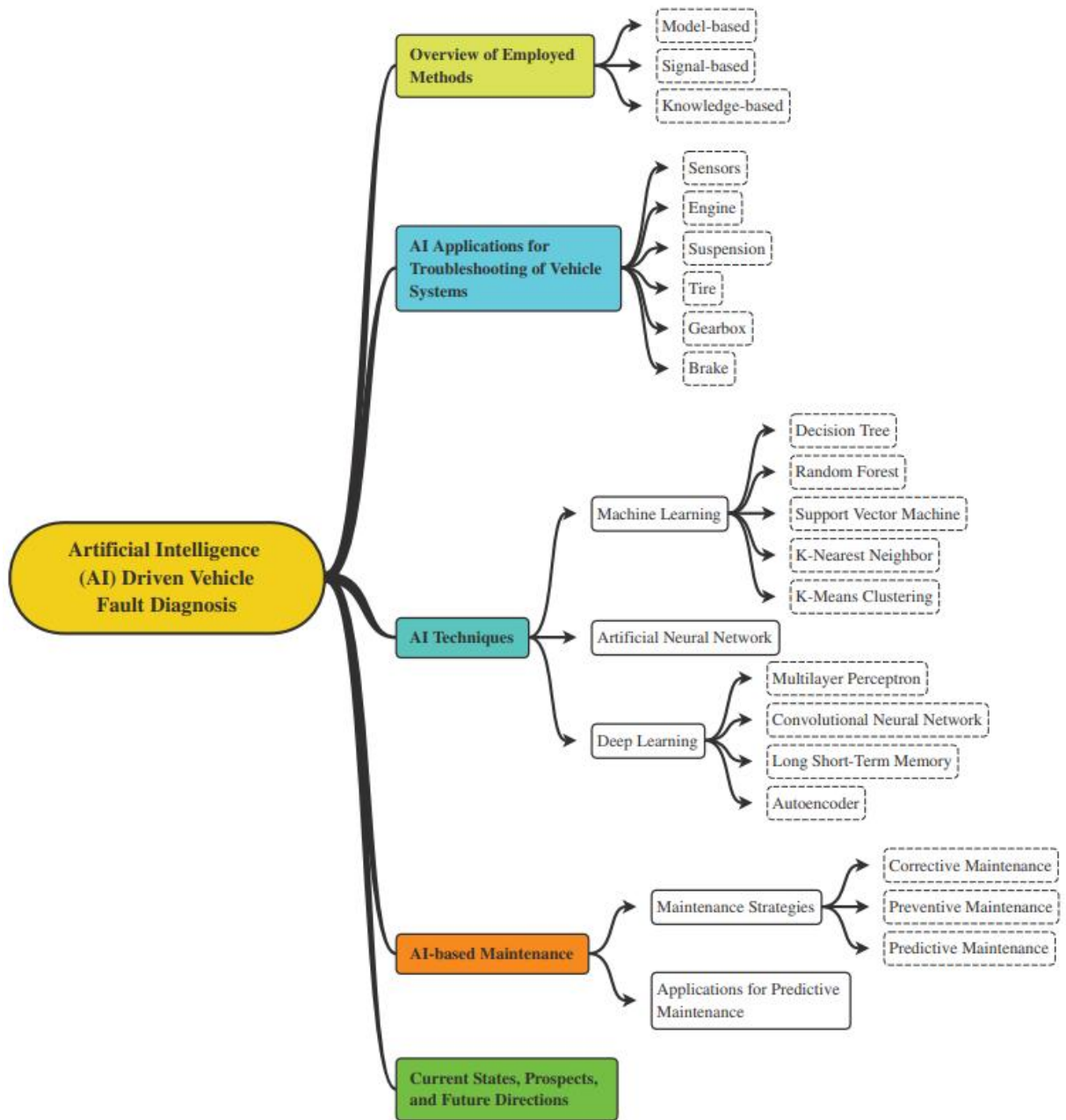


Рис.3.9: Таксономічна структура огляду

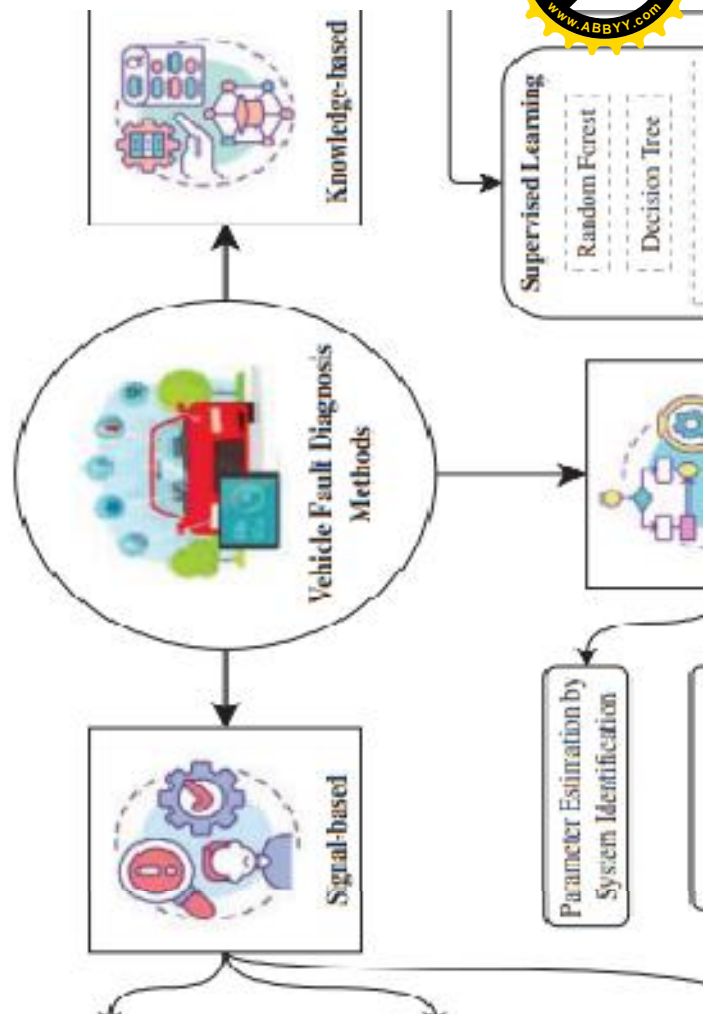
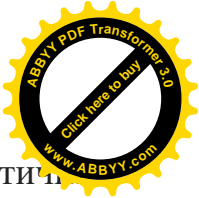


Рис.3.10: Методи VFD

Штучний інтелект (ШІ) реалізує техніки машинного та глибокого навчання для аналізу даних із транспортних сенсорів. Ці сенсори фіксують параметри роботи автомобільних систем, які аналізуються для виявлення несправностей або аномалій. Традиційні ML та DL ефективно застосовуються для діагностики електродвигунів електромобілів, автоматизації обробки ознак та підвищення точності прогнозного обслуговування. Такий підхід поєднується з обробкою сигналів і кластеризацією для без сенсорного аналізу систем приводу EV. Проте є питання щодо адаптації цих методів до різних умов експлуатації та численних несправностей одночасно. Деякі дослідження доводять ефективність ШІ у змінних умовах, тоді як недостатність даних обмежує тестування складних сценаріїв. В цьому контексті edge-AI показує перспективу завдяки реальному часу реакції та мінімальній затримці, хоча



його актуальність може варіюватися для інших систем. Загалом, діагностичні системи III спрямовані на підвищення надійності та зменшення часу простою. Однак різноманітність методів та їх обмеження підкреслюють потребу в подальших дослідженнях і вдосконаленні реалізації для автомобільної галузі.

Діагностика та усунення проблем із датчиками в сучасних транспортних засобах є важливими для забезпечення їхньої безпеки та надійності. Багато досліджень вивчали різні методи та інструменти для виявлення та вирішення проблем з датчиками автомобіля. Основною проблемою в обслуговуванні датчиків автомобіля є ідентифікація та виправлення несправних сигналів за допомогою процесів, показаних на малюнок. Дослідження Бьюна та ін. представило систему для діагностики несправностей і відновлення сигналів у датчиках руху транспортного засобу для усунення проблем безпеки, викликаних дефектами датчиків. Їх метод перетворює дані про швидкість обертання коліс в інформацію про центральну вісь автомобіля, яка потім використовується для розрахунку передбачуваних швидкостей для всіх коліс з метою підтримання правильної траєкторії руху. Порівнюючи ці розрахункові дані з фактичними вимірами, система може виявляти несправності та відновлювати неправильні сигнали. Тестування в режимі офлайн показало, що цей підхід ефективно підтримує керування транспортним засобом під час збоїв датчиків. Аналіз передбачає, що в будь-який момент може вийти з ладу лише один датчик, що обмежує методи діагностики для кількох датчиків одночасно.

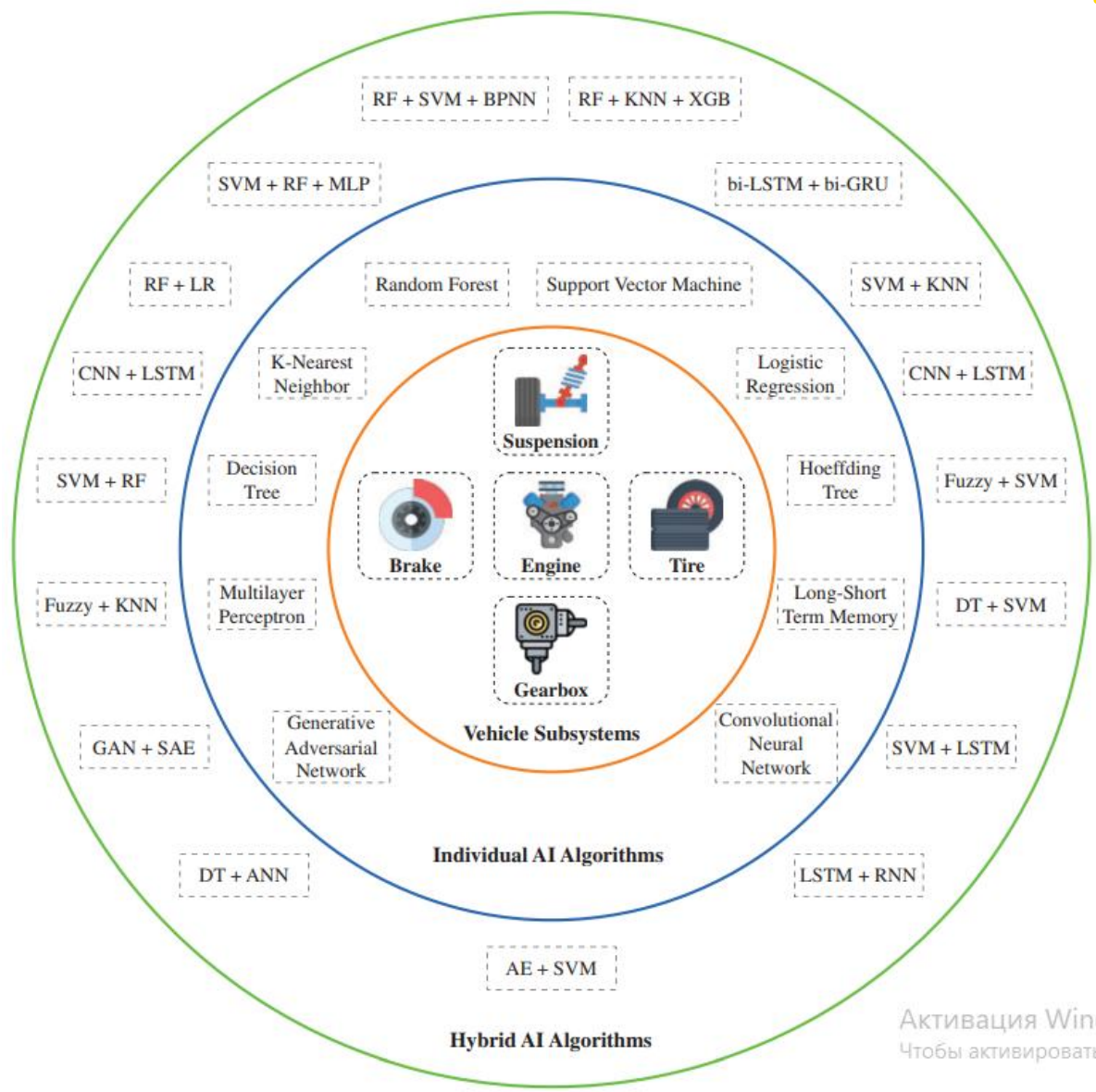


Рис.3.10: Алгоритми штучного інтелекту для діагностики несправностей підсистем автомобіля

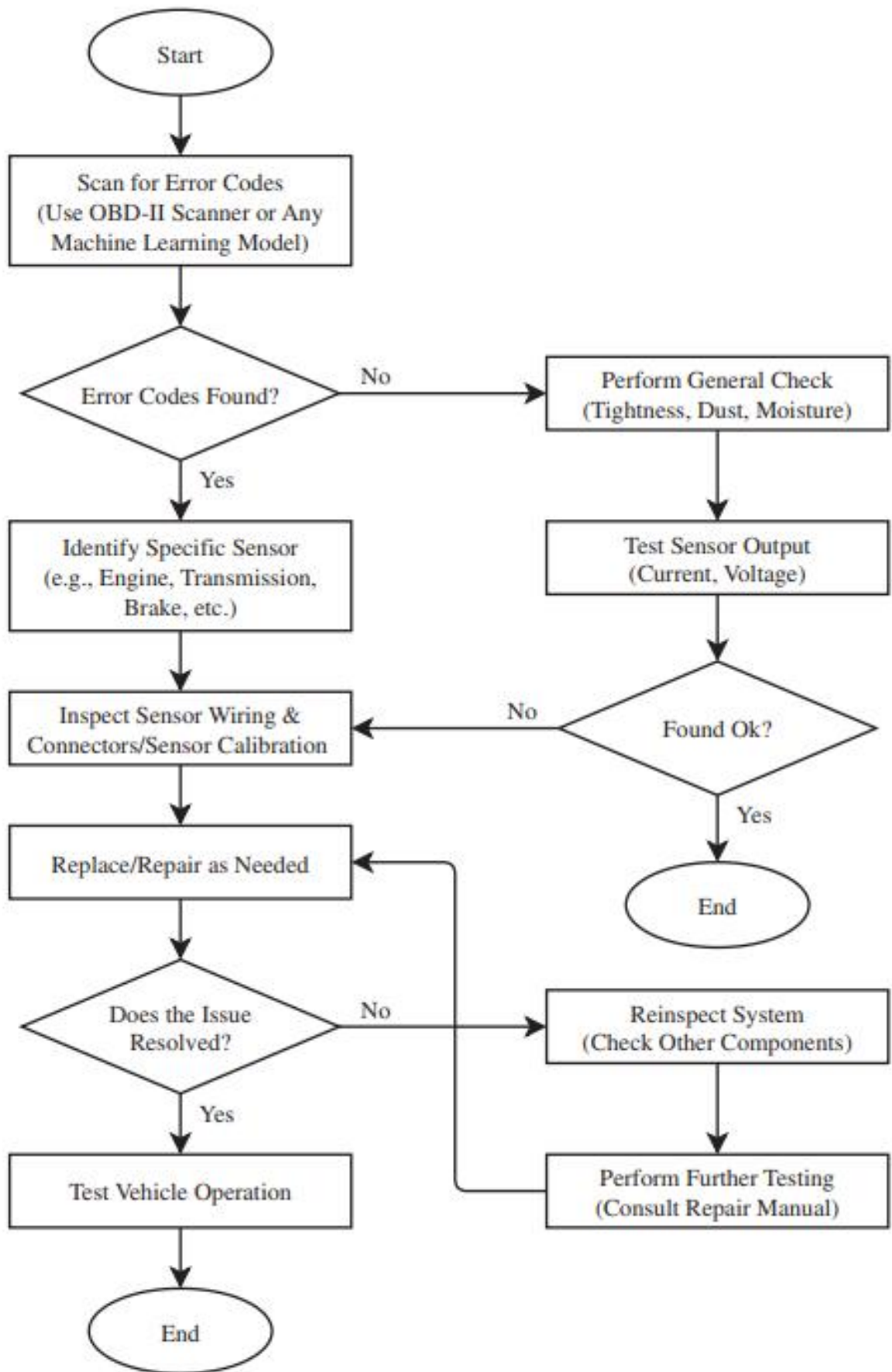
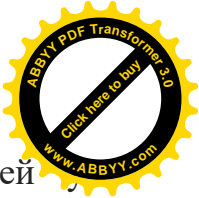
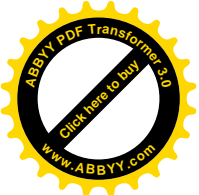


Рис.3.11: Блок – схема пошуку та усунення несправностей датчика



Для вирішення проблем виявлення та ізоляції несправностей в системах датчиків комерційних транспортних засобів, дослідники розробили алгоритм, який базується на чутливості. Цей підхід був перевірений за допомогою симуляцій із використанням технології апаратної петлі (hardware-in-the-loop). Незважаючи на присутність деяких невизначеностей в моделі, особливо під час фаз прискорення автомобіля, вони не спричиняли суттєвого впливу на результати оцінки несправностей. Щодо електромобілів, у дослідженні Сюна та співавторів було запропоновано модельний підхід для діагностики датчиків струму і напруги в літій-іонних акумуляторах. Метод базується на порівнянні фактичного стану заряду (SoC) із розрахунковим SoC для ідентифікації несправностей. Його ефективність підтверджена як експериментальними, так і симуляційними тестами. Проте метод потребує суттєвої калібровки та валідації для різних конфігурацій акумуляторів. Окрім індивідуальних датчиків, діагностика в розподілених мережах датчиків є важливим напрямком досліджень. Наприклад, було представлено SNTS (Sensor Network Troubleshooting Suite) — автоматизований інструмент для ідентифікації збоїв у мережах датчиків. Методика SNTS застосовує аналіз даних для визначення зв'язків між станом мережі та характером несправностей, що дозволяє виявляти кореневі причини проблем. Ефективність цього інструменту підтверджена у налагодженні системи відстеження, демонструючи його значний потенціал у забезпеченні підвищеної продуктивності системи. Проте результативність методу значною мірою залежить від кількості та якості зібраних даних. Для подолання обмежень попередніх підходів було розроблено автономну систему моніторингу та виправлення на основі аналізу даних. Ця система, презентована Халідом та його колегами, використовує сенсори транспортних засобів як частину інтелектуальних транспортних технологій. Вона забезпечує спостереження, автоматичне звітування та відновлення роботи датчиків за рахунок застосування інструментів штучного інтелекту. Точне калібрування датчиків залишається критично важливим для будь-якої



автономної системи управління транспортними засобами та її компонентами. Цей ключовий процес має бути виконаний з максимальною точністю до впровадження алгоритмів інтеграції даних із сенсорів та механізмів виявлення перешкод..

Висновки до третього розділу

Впровадження нових технологій для захисту кузова від корозії та застосування штучного інтелекту для діагностики автомобілів є важливим кроком у напрямку підвищення довговічності, безпеки та ефективності експлуатації транспортних засобів. Використання інноваційних антикорозійних матеріалів і покриттів дозволяє значно знизити вплив негативних факторів навколишнього середовища, тим самим подовжуючи термін служби кузова автомобіля та зменшуючи витрати на його обслуговування.

Штучний інтелект, інтегрований у сучасні діагностичні системи, забезпечує швидке та точне виявлення несправностей, прогнозування можливих поломок і оптимізацію процесу технічного обслуговування. Завдяки цьому підходу автовласники можуть заздалегідь реагувати на потенційні проблеми, що не лише знижує ризики аварійності, але й сприяє зменшенню експлуатаційних витрат.

Поєднання сучасних матеріалів, інноваційних технологій обробки кузова та передових алгоритмів штучного інтелекту створює основу для формування автомобілів нового покоління — більш екологічних, надійних та економічно вигідних. Подальший розвиток цих напрямків відкриває нові перспективи для автомобільної індустрії, орієнтованої на створення максимально комфортних і безпечних умов для користувачів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

1. Основні положення охорони праці на автотранспортному підприємстві



Охорона праці на автотранспортному підприємстві є ключовим елементом управління, що спрямований на забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я працівників і підвищення ефективності виробничих процесів. Основні положення охорони праці регулюються законодавчими актами, внутрішніми нормативними документами та включають систему заходів, спрямованих на мінімізацію виробничих ризиків.

1. Організація системи охорони праці

Ефективна охорона праці базується на створенні належної організаційної структури, яка забезпечує реалізацію програм безпеки. На автотранспортному підприємстві до основних заходів організації належать:

- формування служби охорони праці або призначення відповідальних осіб;
- розробка і затвердження положень, інструкцій, планів і програм із безпеки праці;
- інтеграція заходів з охорони праці у загальну систему управління підприємством.

2. Навчання і інструктаж персоналу

Особливу увагу приділяють підготовці працівників до роботи в умовах підвищеного ризику. Це включає:

- проведення вступних, первинних, повторних, позапланових і цільових інструктажів;
- навчання методам безпечної експлуатації транспортних засобів і технічного обладнання;
- організацію курсів і тренінгів для водіїв, механіків та інших працівників, спрямованих на підвищення кваліфікації у сфері безпеки.

3. Технічна безпека

Забезпечення технічної безпеки полягає у:

- регулярному технічному обслуговуванні та огляді транспортних засобів;



- впровадженні сучасних систем діагностики стану автотранспорту;

- використанні засобів індивідуального і колективного захисту працівників, таких як каски, рукавички, спецодяг.

4. Контроль за станом охорони праці

Для підтримання високого рівня безпеки необхідно здійснювати постійний контроль. Це включає:

- моніторинг дотримання норм і стандартів безпеки працівниками;
- проведення регулярних перевірок виробничих приміщень, технічних засобів і обладнання;

- аналіз та усунення виявлених порушень і недоліків у системі охорони праці.

5. Профілактика та розслідування нещасних випадків

Профілактика аварій і нещасних випадків передбачає:

- оцінку ризиків на всіх етапах виробничої діяльності;
- розробку превентивних заходів, що запобігають травматизму;
- ретельне розслідування всіх випадків виробничого травматизму з подальшим удосконаленням системи безпеки.

6. Екологічна складова охорони праці

Автотранспортні підприємства також повинні враховувати екологічні аспекти:

- впровадження екологічно безпечних технологій;
- контроль за викидами шкідливих речовин у атмосферу;
- забезпечення правильного поводження з небезпечними відходами, такими як відпрацьовані мастила, акумулятори та інші матеріали.

7. Мотивація та відповідальність персоналу

Ефективна система охорони праці неможлива без залучення працівників до її підтримання. Для цього:

- створюють програми мотивації, заохочуючи працівників за дотримання норм безпеки;



- запроваджують дисциплінарну відповідальність за порушення вимог охорони праці;
- організують канали зворотного зв'язку для працівників щодо покращення умов праці.

Отже основні положення охорони праці на автотранспортному підприємстві спрямовані на зниження рівня виробничих ризиків і створення комфортного та безпечного середовища для співробітників. Дотримання цих принципів дозволяє не лише захистити життя і здоров'я працівників, але й підвищити продуктивність і репутацію підприємства.

2. Правила охорони праці під час виконання технічної діагностики автотранспортних засобів

Технічна діагностика автотранспортних засобів (АТЗ) є невід'ємною частиною забезпечення їх безпечної експлуатації. Процес діагностики пов'язаний із використанням спеціального обладнання, фізичними навантаженнями та підвищеним ризиком травматизму, тому дотримання правил охорони праці є критично важливим.

1. Організаційні заходи безпеки

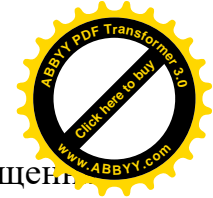
Перед початком діагностики необхідно забезпечити:

- проведення інструктажу для персоналу, який виконує діагностичні роботи;
- призначення відповідальних осіб за контроль технічного стану обладнання;
- наявність затверджених інструкцій з охорони праці, які враховують специфіку роботи на підприємстві.

2. Вимоги до робочого місця

Робоче місце для виконання діагностики повинно відповідати таким вимогам:

- бути обладнаним належним освітленням (не менше 300 люкс) для точності виконання діагностичних робіт;



- мати достатньо простору для безпечного переміщення працівників і використання обладнання;
- бути оснащеним вентиляційними системами для видалення вихлопних газів у разі роботи двигуна внутрішнього згоряння;
- забезпечувати ізоляцію електричних кабелів і захист від випадкового контакту з рухомими частинами обладнання.

3. Підготовка до діагностики

Перед початком робіт необхідно:

- виконати огляд обладнання для перевірки його справності;
- переконатися у наявності засобів індивідуального захисту (рукавички, захисні окуляри, спецодяг);
- зупинити двигун транспортного засобу, якщо це не передбачено процедурою діагностики;
- закріпити АТЗ за допомогою стоянкових гальм або упорів, щоб уникнути мимовільного руху.

4. Безпека під час роботи з діагностичним обладнанням

Для мінімізації ризиків під час використання діагностичних засобів необхідно:

- користуватися тільки сертифікованим обладнанням, яке пройшло технічну перевірку;
- уникати перевищення допустимих навантажень на обладнання;
- дотримуватися інструкцій виробника щодо використання технічних засобів;
- перевіряти стан електричних кабелів і штепсельних з'єднань, щоб уникнути ураження електрострумом.

5. Особливості діагностики ходової частини та гальмівної системи

При діагностиці систем, пов'язаних із підвищеними ризиками, важливо враховувати:

- заборону знаходження під транспортним засобом, якщо він піднятий на домкратах без додаткових опор;



- контроль стану підйомних механізмів перед їх використанням;
- обов'язкове використання спеціальних платформ для доступу до нижніх частин автомобіля;

- дотримання вимог безпеки при роботі із системами високого тиску, такими як гальмівна або гідравлічна.

6. Діагностика електронних систем

Електронні системи АТЗ потребують особливої обережності:

- перед підключенням діагностичного обладнання необхідно переконатися у відповідності напруги живлення;

- уникати роботи з електронними системами у вологих умовах;

- вимикати живлення транспортного засобу, якщо це не впливає на процедуру діагностики;

- використовувати заземлення для запобігання накопиченню статичної електрики.

7. Екстрені ситуації та порядок дій

У разі виникнення аварійної ситуації:

- негайно зупинити виконання робіт і повідомити відповідальну особу;

- у разі травмування працівників – надати першу допомогу і викликати медичних працівників;

- провести розслідування причин інциденту з метою запобігання його повторенню.

8. Післядіагностичні роботи

Після завершення діагностики слід:

- вимкнути діагностичне обладнання та від'єднати його від живлення;

- перевірити, чи всі інструменти та обладнання знаходяться у визначених місцях;

- записати результати діагностики та рекомендації для усунення виявлених несправностей;



- очистити робоче місце від сміття, залишків мастила або інших речовин, що можуть створити ризик.

Таким чином дотримання правил охорони праці під час технічної діагностики автотранспортних засобів є важливою умовою безпеки працівників та ефективного функціонування підприємства. Чітке виконання вимог, регулярне навчання персоналу та використання якісного обладнання мінімізують ризики травматизму і сприяють створенню безпечного виробничого середовища.

3. Безпека праці працівників автотранспортного підприємства під час воєнного стану

У період воєнного стану забезпечення безпеки праці працівників автотранспортного підприємства набуває особливого значення. Зростання ризиків, пов'язаних із військовими діями, вимушене переміщення транспорту, порушення звичних логістичних маршрутів і загроза пошкодження інфраструктури вимагають адаптації підходів до організації охорони праці.

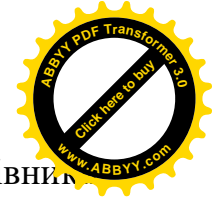
1. Основні загрози безпеці праці під час воєнного стану

Воєнний стан створює нові умови, що впливають на безпеку працівників:

- загроза обстрілів, вибухів або авіаударів;
- мінна небезпека на маршрутах пересування транспорту;
- ризик пошкодження транспортних засобів внаслідок бойових дій;
- психоемоційне навантаження працівників, викликане стресовими умовами;
- складнощі з доступом до медичної допомоги в разі нещасних випадків.

2. Організаційні заходи безпеки

Для мінімізації ризиків роботодавець повинен впровадити такі заходи:



- Інструктаж з безпеки в умовах воєнного стану: усі працівники мають бути проінформовані про порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

- План евакуації: розроблення маршрутів та алгоритмів евакуації працівників із зони бойових дій або ураження.

- Безпечні робочі зони: організація укриттів або безпечних приміщень для працівників на території підприємства.

- Актуалізація контактів: створення бази екстрених контактів для комунікації з місцевими органами влади, рятувальними службами та медичними установами.

3. Безпека транспортних операцій

Під час воєнного стану безпека виконання транспортних операцій є одним із ключових пріоритетів:

- Оцінка маршруту: перед кожним виїздом необхідно перевіряти маршрут на предмет безпеки (наявність блокпостів, мінних загроз, зон активних бойових дій).

- Обладнання транспортних засобів: забезпечення авто медичними аптечками, засобами пожежогасіння, а також додатковими засобами зв'язку.

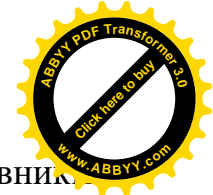
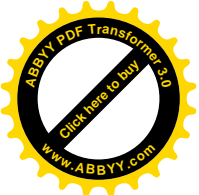
- Маркування транспорту: у разі виконання гуманітарних або спеціальних перевезень транспортні засоби повинні бути відповідно марковані для ідентифікації.

4. Навчання та підготовка персоналу

Працівники автотранспортного підприємства повинні бути підготовлені до роботи в умовах підвищеної небезпеки:

- Навчання з домедичної допомоги: усі працівники повинні вміти надавати першу допомогу постраждалим у разі травм.

- Тренінги з мінної безпеки: інструктажі про правила поведінки у разі виявлення вибухонебезпечних предметів.



- Психологічна підтримка: забезпечення працівників консультаціями психологів для подолання стресу та збереження працездатності.

5. Забезпечення засобами індивідуального захисту

Для зменшення ризику травмування працівники повинні мати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- бронезилети та шоломи для водіїв, які працюють у зонах підвищеної небезпеки;
- світловідбивний одяг для роботи в темний час доби або при обмеженій видимості;
- захисні окуляри та рукавички для технічного персоналу.

6. Дії у надзвичайних ситуаціях

Працівники повинні знати, як діяти у разі виникнення небезпечних ситуацій:

- при обстрілах – негайно залишити транспортний засіб і сховатися у безпечному місці (укритті);
- при мінній небезпеці – зупинитися та не продовжувати рух до прибуття саперів;
- у разі пошкодження транспорту – за можливості забезпечити евакуацію пасажирів та вантажу, викликати допомогу.

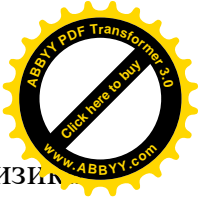
7. Моніторинг та аналіз ризиків

Умови під час воєнного стану можуть змінюватися щодня, тому необхідно:

- постійно аналізувати нові загрози та адаптувати плани безпеки;
- проводити регулярні перевірки стану транспорту та обладнання;
- фіксувати всі випадки небезпечних ситуацій для їх подальшого розслідування та вжиття заходів.

Висновок

Отже безпека працівників автотранспортного підприємства під час воєнного стану вимагає комплексного підходу, що включає організаційні,



технічні та освітні заходи. Виконання цих заходів дозволяє знизити ризик для життя та здоров'я працівників, забезпечуючи при цьому безперебійну роботу підприємства навіть в умовах надзвичайної ситуації.

Висновки до четвертого розділу

Охорона праці на автотранспортному підприємстві є важливою складовою безпечної та ефективної діяльності, особливо в умовах сучасних викликів. Основні положення охорони праці передбачають створення комплексної системи управління безпекою, яка охоплює організаційні, технічні, навчальні та мотиваційні аспекти.

1. Дотримання вимог охорони праці під час технічної діагностики автотранспортних засобів забезпечує мінімізацію ризиків травматизму, підтримання технічної справності обладнання та підвищення рівня відповідальності працівників.

2. В умовах воєнного стану заходи з охорони праці мають адаптуватися до нових загроз і викликів. Це включає навчання працівників, посилення технічного оснащення, організацію безпечних маршрутів та евакуаційних планів, а також психологічну підтримку персоналу.

3. Ефективне управління охороною праці сприяє не лише збереженню життя та здоров'я працівників, але й підтримці безперебійного функціонування підприємства, навіть за умов підвищеної небезпеки.

Дотримання всіх норм і рекомендацій із забезпечення охорони праці створює передумови для стійкого розвитку автотранспортного підприємства, збереження його ресурсів і зміцнення репутації як відповідального роботодавця.



ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Було проведено дослідження до розвитку діагностики автомобіля які знаходилися раніше та зараз використовується в цей час, в кінець ХІХ та початок ХХ століття ознаменувалися значними досягненнями в галузі техніки, зокрема автомобілебудування, що сприяло виникненню нових підходів до технічного діагностування транспортних засобів. Сьогодні розвиток діагностичних технологій спрямований на створення інтелектуальних систем моніторингу, які дозволять виявляти несправності ще до їх прояву, забезпечуючи високу надійність транспортних засобів.

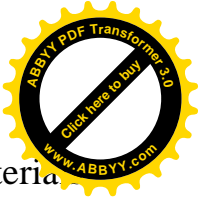
Також було проведена математична модель та обґрунтовані оціночні показники коефіцієнта технічної готовності автомобіля, якщо ми будемо збільшувати витрати на ТО і Р автомобіля то ми з можемо підняти КТГ завдяки цьому ми зменшимо час просто авто в ТО і Р а також з меншим затрати грошей на підтримку авто.

Сформований подальший розвиток та рекомендації з покращення ефективності в діагностики автомобіля. Було представлено застосування електрохімічну захист кузова яких дозволяє захищати деталі автомобіля від корозії та вчасно виявляти початок розвитку корозії на деталях авто, ще представив застосування штучно інтелекту який буде відстежувати автомобіль що знаходився в справному стані якщо він під час руху автомобіля помітить відхилення на деталях автомобіля то він відразу буде повідомляти водія завдяки бортовому комп'ютеру, та прискорить час при ТО і Р авто.

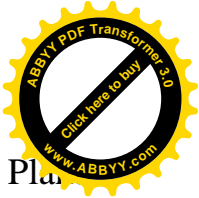


ВИКОРЕСТАНІ ДЖЕРЕЛА

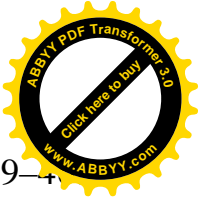
- 1) Koch, G.H.; Brongers, M.P.H.; Thompson, N.G.; Virmani, Y.P.; Payer, J.H. Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States; Report No. FHWA-RD-01-156; Prepared by CC Technologies Laboratories, Inc. and NACE International for the Office of Infrastructure Research and Development; United States Federal Highway Administration: McLean, VA, USA, 2001; 773p.
- 2) Shi, X.; Li, Y.; Jungwirth, S.; Fang, Y.; Seeley, N.; Jackson, E. Identification and Laboratory Assessment of Best Practices to Protect DOT Equipment from the Corrosive Effects of Chemical Deicers; Report No. WA-RD 796.1; Washington State Department of Transportation, Office of Research & Library Services: Olympia, WA, USA, 2013; 217p.
- 3) Johnson, J.T. Motor Vehicles, Appendix N, From Corrosion Costs and Preventive Strategies in the United States; Report No. FHWA-RD01-156; Prepared by CC Technologies Laboratories, Inc. and NACE International for the Office of Infrastructure Research and Development; United States Federal Highway Administration: McLean, VA, USA, 2001; 773p.
- 4) Akafuah, N.K.; Poozesh, S.; Salaimeh, A.; Patrick, G.; Lawler, K.; Saito, K. Evolution of the automotive body coating process—A review. *Coatings* 2016, 6, 24. [CrossRef]
- 5) Okolisan, J. How to Protect Your Car against Road Salt and Prevent Rust. 2015. Available online: <https://www.wheels.ca/guides/how-to-protect-your-car-against-road-salt-and-prevent-rust/> (accessed on 6 February 2020).
- 6) Talbot, D.E.J.; Talbot, J.D.R. *Corrosion Science and Technology*, 3rd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018. Available online: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCSTE0001/corrosion-science-technology/corrosion-science-technology> (accessed on 6 February 2020).
- 7) Colin Beresford, C.; Miller, C. Average Age of Vehicles on the Road Rises above 12 Years. *Car and Driver*. 2021. Available online: <https://www.caranddriver.com/news/a33457915/average-age-vehicles-on-road-12-years/> (accessed on 3 August 2021).



- 8) Bardal, E.; Drugli, J.M. Corrosion detection and diagnosis. In *Materials Science and Engineering, Vol. III, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*; Developed under the auspices of the, UNESCO; Rawlings, R.D., Ed.; EOLSS Publishers: Oxford, UK, 2004. Available online: <http://www.eolss.net> (accessed on 27 July 2020).
- 9) Xi, Y.; Xie, N. Corrosion Effects of Magnesium Chloride and Sodium Chloride on Automobile Components; Report No. CDOT-DTD-R2002-4; Colorado Department of Transportation Research Branch: Denver, CO, USA, 2002; 91p.
- 10) J2334_199806; SAE International, 1998. SAE J2334 Laboratory Cyclic Corrosion Test, SAE Technical Standard. SAE International: Troy, MI, USA, 1998. [CrossRef]
- 11) B117-19; B117-19 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2011; 12p. Available online: <https://doi-org.ledproxy2.uwindsor.ca/10.1520/B0117-11>. (accessed on 8 May 2020).
- 12) G28-97; G28-97 Standard Test Methods of Detecting Susceptibility to Intergranular Corrosion in Wrought, Nickel-Rich, Chromium Bearing Alloys. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 1997; 5p. Available online: <https://doi-org.ledproxy2.uwindsor.ca/>. (accessed on 8 May 2020).
- 13) R. Baboian, cathodic protection of Automobiles Does it Work, *Materials Performance*, Vol. 26, No. 7 (1987).
- 14) T. Ptosek, F. Dubois, M. Koril, B. Scheffel, Y. Degres, M. Jouannic, M. Taube, M. Dubus, V. Hubert, and D. Thierry, *Proc. 18th International Corrosion Congress 2011*, p. 1477, Perth, Australia (2011).
- 15) W. von Baeckmann, W. Schwenk, and W. Prinz, *Handbook of cathodic corrosion protection*, 3rd ed., p. 179, Elsevier Inc., Texas (1997).
- 16) KS D ISO 14993, Corrosion of metals and alloys – Accelerated testing involving cyclic exposure to salt mist, “dry” and “wet” conditions (2001).



- 17) ASTM G96-90, Standard Guide On-Line Monitoring of Corrosion in Plant Equipment (Electrical and Electrochemical Methods) (2008).
- 18) Y. S. Kim, Y. J. Song, and Y. K. Kim, Computer Simulation and Experimental Approach on the Protection Capability of Painted Steel (SS34) under Cathodic Protection, Journal of the Corrosion Science Society of Korea, 29, 232 (2000). https://www.j-cst.org/opensource/pdfs/web/pdf_viewer.htm?code=J00290400232
- 19) Elliott A. The culture of AI: everyday life and the digital revolution. London: Routledge; 2019. doi:10.4324/9781315387185.
- 20) Ajitha PV, Nagra A. An overview of artificial intelligence in automobile industry—a case study on Tesla cars. Solid State Technol. 2021;64(2):503–12.
- 21) Haenlein M, Kaplan A. A brief history of artificial intelligence: on the past, present, and future of artificial intelligence. Calif Manage Rev. 2019;61(4):5–14. doi:10.1177/0008125619864925.
- 22) Alexopoulos K, Nikolakis N, Chryssolouris G. Digital twin-driven supervised machine learning for the development of artificial intelligence applications in manufacturing. Int J Comput Integr Manuf. 2020;33(5):429–39. doi:10.1080/0951192X.2020.1747642.
- 23) Taisch M, Casidsid ML, Despeisse M, Luglietti R, May G, Morin TR, et al. The 2019 world manufacturing forum report. In: Skills for the future of manufacturing. Cernobbio, Italy: World Manufacturing Foundation; 2019
- 24) Celić J, Bronzin T, Horvat M, Jović A, Stipić A, Prole B, et al. Generative AI in E-maintenance: myth or reality? Artif Intell. 2024;7:8. doi:10.1109/MIPRO60963.2024.10569282.
- 25) Pecht MG, Kang M. Introduction to PHM. In: Prognostics and health management of electronics: fundamentals, machine learning, and the internet of things. USA: Wiley-IEEE Press; 2018; p. 1–37.
- 26) Cachada A, Barbosa J, Leitão P, Geraldcs CAS, Deusdado L, Costa J, et al. Maintenance 4.0: intelligent and predictive maintenance system architecture. In: 2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory



Automation (ETFA), 2018; Turin, Italy; p. 139–41.
doi:10.1109/ETFA.2018.8502489.

27) Bokrantz J, Skoogh A, Berlin C, Wuest T, Stahre J. Smart maintenance: an empirically grounded conceptualization. *Int J Prod Econ.* 2020;223:107534. doi:10.1016/j.ijpe.2019.107534.

28) Jimenez JJM, Schwartz S, Vingerhoeds R, Grabot B, Salaün M. Towards multi-model approaches to predictive maintenance: a systematic literature survey on diagnostics and prognostics. *J Manuf Syst.* 2020;56:539–57. doi:10.1016/j.jmsy.2020.07.008.

29) Ranasinghe K, Sabatini R, Gardi A, Bijjahalli S, Kapoor R, Fahey T, et al. Advances in integrated system health management for mission-essential and safety-critical aerospace applications. *Prog Aerosp Sci.* 2022;128:100758. doi:10.1016/j.paerosci.2021.100758.

30) Chen Y, Peng G, Zhu Z, Li S. A novel deep learning method based on attention mechanism for bearing remaining useful life prediction. *Appl Soft Comput.* 2020;86:105919. doi:10.1016/j.asoc.2019.105919.

31) Rahim MA, Rahman MA, Rahman MM, Asyhari AT, Bhuiyan MZA, Ramasamy D. Evolution of IoT-enabled connectivity and applications in automotive industry: a review. *Veh Commun.* 2021;27:100285. doi:10.1016/j.vehcom.2020.100285.

32) Erkoyuncu JA, Khan S, Hussain SMF, Roy R. A framework to estimate the cost of no-fault found events. *Int J Prod Econ.* 2016;173(4):207–22. doi:10.1016/j.ijpe.2015.12.013.

33) Holland S. Unsettled technology opportunities for vehicle health management and the role for health-ready components. USA: SAE International; 2020. SAE Technical Paper EPR2020003. doi:10.4271/EPR2020003.