

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Руслан ШАТРОВ

(підпис)

(ПІБ)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на тему** «Удосконалення інженерного менеджменту автомобільного транспорту ТОВ «Грузар»  
Київської області»

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Войтюк Валерій Дмитрович

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доц.

(науковий ступінь та вчене звання)

Іщенко Валерій Васильович

(підпис)

(ПІБ)

**Виконав**

Паньків Ігор Васильович

(підпис)

(ПІБ)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Паньків Ігорю Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення інженерного менеджменту автомобільного транспорту ТОВ «Грузар» Київської області»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада 2024 р. № 2039 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання взаємозв'язку між технічним станом та витратою палива автомобілів

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Розділ 1 Дослідження факторів, що впливають на зміну технічного стану автомобілів в процесі технічної експлуатації
2. Розділ 2 Дослідження даних про експлуатаційну витрату палива автомобілів
3. Розділ 3 Дослідження взаємозв'язку між технічним станом та витратою палива легкових автомобілів
4. Розділ 4 Розрахунок економічного ефекту від оцінки технічного стану за показником витрати палива

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 15 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Іщенко В.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

Паньків І.В.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської кваліфікаційної роботи на тему «Удосконалення інженерного менеджменту автомобільного транспорту ТОВ «Грузар» Київської області» складається із 76 аркушів формату А4, на яких містяться 4 розділи, 4 таблиць, 40 рисунків, 45 джерел інформації.

Об'єктом дослідження є процес зміни технічного стану автомобіля під час експлуатації.

Предметом дослідження є взаємозв'язок між технічним станом та витратою палива автомобілів.

Мета дослідження – оцінка технічного стану автомобілів за показником витрати палива.

Наукова новизна отриманих результатів. Набуло подальшого розвитку параметри зміни технічного стану автомобілів за показником витрати палива.

АВТОМОБІЛЬ, ТЕХНІЧНИЙ СТАН, ВИТРАТА ПАЛИВА, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ, УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

## ЗМІСТ

<b>РЕФЕРАТ</b>	<b>3</b>
<b>ЗМІСТ</b>	<b>4</b>
<b>ВСТУП</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМІНУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ В ПРОЦЕСІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ</b>	<b>8</b>
1.1. Історія автомобілів Volkswagen	8
1.1.1. Загальна історія розвитку автомобільного концерну Volkswagen	8
1.1.2. Історія автомобілів Volkswagen Touran	9
1.2. Сутність та мета технічної експлуатації автомобілів	11
1.3. Система усунення несправності легкового автомобіля	14
1.4. Аналіз причин та факторів, що впливають на варіабельність технічного стану автомобілів	16
<b>РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДАНИХ ПРО ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ</b>	<b>22</b>
2.1. Мета і задачі дослідження	22
2.2. Об'єкт дослідження	22
2.3. Аналіз бортових систем контролю та діагностики автомобілів	24
2.4. Дослідження експлуатаційної витрати палива автомобілів	29
2.5. Результати досліджень	31
2.5.1. Маршрут руху автомобіля	31
2.5.2. Параметри навколишнього середовища та їх зв'язок з витратою палива	32
2.5.3. Дані про відмови основних складників автомобілів та їх зв'язок з витратою палива	35
2.5.4. Регламентні роботи ТО автомобілів	40
2.6. Аналіз несправностей основних агрегатів легкових автомобілів	40

<b>РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТА ВИТРАТОЮ ПАЛИВА ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ</b>	<b>45</b>
3.1. Ресурс основних частин та агрегатів легкових автомобілів	45
3.2. Результати розрахунків дослідження	48
3.3. Визначення базової лінійної витрати палива	51
3.4. Аналіз виявлення несправностей автомобілів, що впливають на витрату палива, в процесі експлуатації	60
3.5. Рекомендації роботи	60
3.5.1. Напрями реалізації даних дослідження	61
3.5.2. Обґрунтування використання взаємозв'язку коефіцієнтів зміни ресурсу та зміни витрати палива для автомобіля	63
3.5.3. Використання автоматизованої системи підтримки водія у сфері обслуговування легкового автотранспорту	66
<b>РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗА ПОКАЗНИКОМ ВИТРАТИ ПАЛИВА</b>	<b>67</b>
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>70</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>71</b>

## ВСТУП

**Актуальність.** Забезпечення роботоздатності автотранспортного засобу (АТЗ) та підтримання його в належному технічному стані при раціональних витратах всіх видів ресурсів, нормативних рівнях дорожньої та екологічної безпеки, дотримуючись визначених законодавством умов праці персоналу, є одним з основних завдань технічної експлуатації, як галузі практичної діяльності.

Частковим вирішенням представлених проблем може стати пошук методики оцінки технічного стану АТЗ за узагальненим критерієм, який достатньо чутливий до змін технічного стану. Одним із таких критеріїв може бути витрата палива в літрах на 100 кілометрів.

Отже, актуальними є дослідження можливості використання показника витрати палива як критерію оцінки технічного стану автомобілів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Матеріали магістерської кваліфікаційної роботи є узагальненням досліджень, що виконані у межах:

➤ комплексних цільових програм, концепцій та наказів: «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» (Розпорядження Кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р); «Про затвердження Правил експлуатації колісних транспортних засобів» (Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 р., №550);

➤ плану науково-дослідних робіт кафедри експлуатації та ремонту машин ДВНЗ ПДАБА за темою «Дослідження впливу на експлуатаційні властивості колісно- транспортних засобів конструкторських та експлуатаційних параметрів» (2021- 2023рр.).

**Об'єктом дослідження** є процес зміни технічного стану автомобіля під час експлуатації.

**Предметом дослідження** є взаємозв'язок між технічним станом та витратою палива автомобілів категорії М1.

**Метою роботи** є оцінка технічного стану автомобілів категорії М1 за показником витрати палива.

**Завдання дослідження.** Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі завдання:

1. Проаналізувати фактори, що впливають на зміну технічного стану автомобілів в процесі технічної експлуатації.
2. Дослідити дані про експлуатаційну витрату палива легкових автомобілів категорії М1 в процесі технічної експлуатації.
3. Дослідити взаємозв'язок між технічним станом та витратою палива легкових автомобілів в процесі технічної експлуатації.
4. Розробити рекомендації.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети були використані такі теоретичні методи дослідження як аналіз, індукція, формалізація залежностей витрати палива від температури навколишнього середовища та періоду експлуатації, програмне середовище Excel.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Набуло подальшого розвитку параметри зміни технічного стану легкових автомобілів категорії М1 за показником витрати палива.

Результати роботи можуть бути використані на підприємствах автомобільного транспорту, так як безпека руху АТЗ багато в чому залежить від визначення періодичності контролю технічного стану автомобілів.

# РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМІНУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛІВ В ПРОЦЕСІ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

## 1.1. Історія автомобілів Volkswagen

### 1.1.1. Загальна історія розвитку автомобільного концерну Volkswagen.

«Фольксваген АГ» (Volkswagen AG), німецький автомобільний концерн. Виробляє легкові автомобілі, вантажівки, мікроавтобуси. Штаб-квартира знаходиться у Вольфсбурзі. І вже в 1935 році такий автомобіль був змонтований. Він отримав назву «Фольксваген», що дослівно в перекладі з німецької означає «народний автомобіль». Після дворічних випробувань у 1937 була запущена серія VW30, а до 1938 автомобіль знайшов знайомий багатьом поколінням зовнішній вигляд. Volkswagen відразу оцінили конструктори, інженери і водії. Про нього заговорили, з'явилися численні публікації, в 1938 році в статті New York Times Volkswagen за зовнішню схожість охрестили «жуком». Це прізвисько настільки прижилося, що стало візитною карткою автомобіля. Для виробництва «народного автомобіля» 26 травня 1938 року в місті Вольфсбурзі почалося будівництво найбільшого європейського автозаводу Volkswagen. Але війна, що наближалася, перешкодила налагодити випуск цього автомобіля [1]. Але виробництво продовжувалося та через 27 років після закінчення Другої світової війни, побивши рекорд Ford Model T, Volkswagen Beetle став найпопулярнішим автомобілем.

У 1934 Ferdinand Porsche (Фердинанд Порше), відомий німецький конструктор (засновник всесвітньо відомої німецької автомобільної компанії Porsche AG), отримав замовлення від націонал-соціалістичного уряду Німеччини на розробку сучасного легкового автомобіля.

До 1950 року було випущено 100 тис. автомобілів, до 1951 року – 500 тис. машин. Девізом в житті німців стає популярна фраза, пов'язана з Volkswagen, – «Він член моєї родини» [2].

Кожен рік Volkswagen випускав нові автомобілі, які займали почесне місце в світі. У квітні 2018 року компанія Volkswagen представила у Франції новий повністю електричний гоночний автомобіль I.D. R Pikes Peak. Цей автомобіль був створений для участі в гонці з підйому на вершину Пайкс-Пік (Pikes Peak International Hillclimb), однією з найскладніших гоночних трас у світі, що веде до вершини гори, розташованої в Колорадо, США. Також напередодні автосалону в Шанхаї компанія презентувала новий електричний кросовер Volkswagen Roomzz, оснащений безпіотною системою четвертого рівня і найбільшою моделлю в лінійці I.D.

16 березня 2021 року компанія представила глобальну програму розвитку на найближче десятиліття. Вона включає масштабні інвестиції у виробництво батарей і постійне нарощування частки електромобілів серед продажів концерну. Головна мета Volkswagen - лідерство на ринку електромобілів вже до 2025 року [3].

### **1.1.2. Історія автомобілів Volkswagen Touran.**

Офіційний дебют Volkswagen Touran відбувся на мото-шоу в Амстердамі в лютому 2003 року. Автомобіль отримав сучасний вигляд, виконаний в стилі останніх автомобілів компанії VW.

Оригінальна назва Touran цьому автомобілю дало просте поєднання двох слів «Tour» – тур і назва старшого брата «Sharan» [4].

Volkswagen Touran побудований на платформі моделі Golf V. На автомобілі застосовується новий задній міст з чотирьох важіль підвіскою коліс і електромеханічний підсилювач рульового механізму.

У своєму салоні Touran з комфортом здатний розмістити до 7 осіб. При цьому його габарити зовсім невеликі: довжина - 4390 мм, ширина - 1790 мм, висота - 1630 мм.

Touran пропонується в трьох варіантах комплектації. Стандартна розрахована на 5 осіб, при обсязі багажного відділення в 600 літрів. За бажанням покупця можна встановити ще два роздільних крісла, які при необхідності

складаються і зберігаються під підлогою. Більш того, всі сидіння салону можуть трансформуватися по бажання господаря. Всього концепція змінності сидінь Volkswagen Touran пропонує більш 500 різних конфігурацій.

Велика система захисту включає: ремені на всіх 7 сидіннях, АБС, ESP (Electronic Stabilisation Programme), BAS (Brake Assist System), 6 подушок безпеки (фронтальні і бічні для водія, передніх і задніх пасажирів). Дискові гальма всіх коліс (спереду – з внутрішньою вентиляцією). Все перераховане вище, передбачає високий рівень активної безпеки.

Відмінною рисою компактвена є наявність місця для різного роду поклажі, бардачки, ящики, полички та інші відсіки. У дорогих комплектаціях їх кількість може доходити до 39 штук. Ось тільки кілька прикладів: три боксу зверху, один над центральною консоллю, один під кермом, по два в кожному з передніх сидінь, кишені в дверях. Ще є місткий «рукавички» ящик з функцією охолодження, а також два відсіки під ногами задніх пасажирів. У багажнику під підлогою – кілька відділень для дрібниць (в їхньому списку - ремкомплект для шин з герметиком, запаскою комплектується тільки п'ятимісна машина). І так далі.

Велика базова комплектація включає в себе, крім усього іншого, центральну блокування замків з дистанційним радіоуправлінням, зовнішні дзеркала заднього виду з електрорегулюванням і обігрівом, а також склопідйомники з електроприводом. Гамма двигунів включає: 1,6 л 115 к.с. FSI з безпосереднім уприскуванням плюс два турбодизеля – 1,9 (101 к.с.) і 2,0 літра (136 к.с.). Консервативно налаштованим громадянам доступний 102-сильний бензиновий двигун з традиційною системою впорскування. Причому, на всіх моделях FSI і TDI серійно встановлені шестиступінчасті механічні коробки передач. За бажанням покупець автомобіль може комплектуватися шестиступінчастою автоматичною коробкою передач.

Оцинкований кузов Touran зварений за допомогою лазера, що забезпечує високу якість швів і як наслідок високу жорсткість. Це підвищує рівень пасивної безпеки автомобіля.

В оформленні інтер'єру Touran – типовий Volkswagen: строгий злегка педантичний дизайн поєднується з бездоганною якістю.

Volkswagen Touran створений для динамічних сімейних людей, що цінують спільне проведення часу. Маючи добре продуману концепцію розміщення пасажирів в салоні, Touran є найкращим прикладом придатності його використання як автомобіля для проведення вільного часу і як сімейного автомобіля.

## **1.2. Сутність та мета технічної експлуатації автомобілів**

Експлуатація - це використання автотранспортного засобу (АТЗ) за його призначенням.

Комерційна експлуатація - це набір прийомів, що забезпечують найбільший ефект від використання машини. Ефект розуміється різними людьми по-різному. З точки зору людства в цілому - це переміщення необхідної кількості людей і вантажів з найменшими витратами часу, сил і засобів при забезпеченні безпеки перевезень та мінімуму шкідливих наслідків. З точки зору користувача АТЗ - це переміщення потрібної кількості людей і вантажів в потрібне місце до потрібного часу з найменшими витратами і без втрат перевезених об'єктів. Нарешті, з точки зору власника АТЗ – це отримання максимального прибутку, тобто різниці між одержуваної платою за виконану транспортну роботу і понесеними витратами на виконання цієї роботи. Зрозуміло, що тут стикаються суперечливі інтереси сторін, і протиріччя ці можуть бути лише частково зняті примусовим регулюванням з боку суспільства або його виконавчого органу - держави.

Технічна експлуатація (ТЕ) - це сукупність дій, спрямованих на підтримку працездатного стану АТЗ в процесі його функціонування. Мета цих дій і критерії оцінки їх результативності набагато менше залежать від соціально-економічної формації та приладдя оцінює до тій чи іншій стороні, бо тут інтереси сторін і суспільства в цілому сходяться: АТЗ, що використовується, має зберігати свої функціональні властивості (місткість, вантажопідйомність, швидкість,

комфортність) в допустимих межах, забезпечувати транспортну і екологічну безпеку і мати хороші економічні характеристики.

У всіх цих міркуваннях звучать слова «в межах» і «збереження». Це - відображення двох дуже важливих сторін або властивостей машини:

Слова «в межах» підкреслюють, по-перше, що від кожної машини можна вимагати лише те, що визначено їй її творцями, а по-друге - що немає двох однакових машин, властивості кожного примірника трохи відрізняються від інших, хоча в загальному для даної моделі лежать в деяких межах. Слово «збереження» має на увазі визнання нами того факту, що властивості машини змінюються, причому як правило в гіршу сторону, а тому для збереження її найкращих характеристик ці властивості треба усіма силами підтримувати.

Два слова по першій особливості. Сучасний АТЗ, як і будь-яка машина, - це досить складна система, що складається з великого числа підсистем, агрегатів, вузлів, елементів (деталей). Кожен елемент машини виготовляється з певними допусками на склад матеріалу, на його фізичні, хімічні, механічні, термічні, електричні властивості, нарешті на форму і розміри. При складанні деталей у вузол, агрегат, підсистему, машину в цілому відбувається два процеси - з одного боку - усереднення, нівелювання, з іншого - накопичення відхилень. В результаті і виходить, що кожний АТЗ чимось відрізняється від інших екземплярів АТЗ тієї ж моделі, причому ці відмінності надають кожному примірнику власний характер, свої особливості, які дуже швидко виявляє в процесі роботи оператор (водій, пілот, механік, машиніст) і, трохи пізніше, ремонтник, людина, що здійснює технічне обслуговування (ТО) даного екземпляра АТЗ.

І нарешті те, через що існує проблема технічної експлуатації, відповідні служби і наша з вами дисципліна: мінливість. Ось приклад: сучасний автомобіль середнього класу складається з 15-18 тисяч деталей. З них 7-9 тисяч втрачають свої первинні властивості в процесі роботи, причому 3-4 тис. деталей мають термін служби менше, ніж автомобіль в цілому.

В процесі експлуатації АТЗ взаємодіє з навколишнім середовищем (у тому числі з перевозяться вантажами або людьми), а його елементи взаємодіють

між собою. Ця взаємодія викликає навантаження деталей, їх взаємні переміщення, тертя, нагрівання, хімічні перетворення. В результаті в процесі роботи змінюються властивості (параметри) цих елементів (параметр - це конкретна характеристика об'єкта, як правило, виражена фізичною величиною з конкретним чисельним значенням) - твердість, шорсткість, розмір, взаємне розташування, зазор тощо.

Параметри безпосередньо елементів називають конструктивними або структурними. Те чи інше поєднання структурних параметрів АТЗ в його даному технічному стані визначає в результаті вихідні параметри АТЗ або агрегату. Приклад: товщина накладки барабанного гальма - структурний параметр елемента «накладка». Зазор між накладкою і барабаном - структурний параметр вузла «гальмівний механізм». Поєднання цих структурних параметрів по всіх робочих гальмових механізмів впливає на вихідний параметр гальмівної системи - гальмівний шлях. У міру служби машини товщина накладки зменшується, зазор збільшується. При цьому зростає час спрацьовування гальмівного механізму і погіршується (збільшується) вихідний параметр – «гальмівний шлях». Відзначимо, що в силу нерівномірного зносу накладки в різних місцях змінюється характер її прилягання до гальмівного барабану, а через це - створюваний гальмівним механізмом гальмівний момент (це вихідний параметр гальмівного механізму), а через це - гальмівний шлях всієї машини [5].

Таким чином, мета технічної експлуатації - підтримання в потрібних межах вихідних параметрів. Засіб досягнення цієї мети - підтримання і при необхідності відновлення структурних параметрів.

Технічний стан - що склалося на даний момент часу (тобто поточний) поєднання конструктивних параметрів машини і результуючих вихідних параметрів. Граничний стан - найгірше значення вихідного параметра або поєднання вихідних параметрів об'єкта (тобто деталі, вузла або машини в цілому), що допускається технічною документацією на нього.

Справний стан – повну відповідність всіх параметрів машини вимогам технічної документації.

Працездатний стан – здатність машини виконувати свої функції з вихідними параметрами, значення яких встановлені експлуатаційною документацією.

Несправність – небажане відхилення технічного стану об'єкта (машини або її частини) від встановлених норм.

Приклад: автомобіль з пом'ятим крилом працездатний, але не справний (проте якщо крило вм'ятий до такої міри, що перешкоджає обертанню колеса або повороту керованого колеса, така несправність вже викликає зумовити).

Відмова – порушення працездатності транспортного засобу, що приводить до припинення транспортного процесу (різниця з непрацездатним станом взагалі: перестав працювати один з циліндрів двигуна, двигун вийшов з працездатного стану, але до місця доїхати можна, а якщо перестали працювати 3 циліндра з 4-х - це вже відмова).

### **1.3. Система усунення несправності легкового автомобіля**

З кожним днем автомобілів стає більше, технічно вони стають складнішими, і простому водію, автовласнику, зовсім не під силу розібратися, з чим пов'язана та чи інша поломка.

У сервісному обслуговуванні приватного легкового автотранспорту зараз є дуже багато недосконалості. Перешкодою для подальшого розвитку є людський фактор. Нестача належних компетенцій у співробітників сервісної станції, як дилерської, і незалежної, є не рідкісний випадок. Це призводить до неякісного ремонту автомобіля, а головне - до невдоволення клієнта. Саме клієнт - головний орієнтир роботи у цій сфері. Клієнт - це фізична чи юридична особа, яка набуває для власних потреб легкового автотранспорту. Часом (досить часто) ці потреби ширші, ніж просто переміщення з точки А до точки Б. Сьогодні клієнт бажає бачити у власному автомобілі не просто засіб пересування, а щось більше - предмет гордості, статусу, розкоші. У процесі обслуговування предмета своєї гордості клієнту хочеться бачити належну якість. Поняття якості, безумовно, ширше, ніж просто грамотно виконані регламентні роботи з ТО та ПР. Кожному

хочеться витратити менше часу в очікуванні на приймання автомобіля. Кожному хочеться при настанні питання, пов'язаного з обслуговуванням автомобіля, вирішувати його в максимально короткі терміни, тобто негайно. Кожна людина (клієнт) хоче бачити на СТО задоволення своїх потреб. Якісний ремонт, моментальне виконання, чудова консультація. Основою всього перерахованого є інформація. Кожен клієнт хоче мати інформацію - якісну, грамотну, коректну і чим її більше, тим краще. У постіндустріальному суспільстві інформація - головний ресурс.

Крім того, не варто забувати і про помилкові припущення до компетентної діагностики автомобіля. Деякі водії роблять серйозну помилку, роблячи діагноз самостійно. Вони приступають до ремонту, не усвідомлюючи, що марно витрачають час і сили. Після некомпетентного ремонту з'являються нові несправності.

Проведення комп'ютерної діагностики сьогодні дозволяє миттєво відшукати практично будь-які поломки. Тому часто її проводять при будь-якому відвідуванні сервісу. Професійне обладнання сьогодні достатньо, а станцій вистачає, тому послуги стали доступними всім автомобілістам. Проте, розпізнати поломку різних вузлів непросто, отже, необхідних даних обійтися не завжди реально.

Все це стосується того випадку, коли сталася поломка або виходу з ладу будь-якого вузла або агрегату автомобіля, і водій вже не має вибору і повинен привести свій транспорт на діагностування в умовах СТО.

При консультації водія з питань, пов'язаних з певними несправностями автомобіля з майстром-приймачем СТО, останній буде консультуватися таким чином, щоб мотивувати потенційного клієнта до обов'язкового приїзду в сервіс.

Далі, при приїзді на СТО в процесі діагностування певної несправності існує посередник між автовласником і діагностом СТО в особі майстра-приймача, який в силу, тих чи інших обставин, потенційно може спотворювати опис ознак несправності.

Існуюча схема послідовності виявлення та усунення несправності

приватного автомобіля наведена на рис. 1.1., на якій видно місця втрати та спотворення інформації.

На наведеній схемі явно видно, що втрата та спотворення інформації відбувається в першій ланці - водій, при сприйнятті несправності та через відсутність можливості безпосередньо передати інформацію експерту-діагносту; другою ланкою є майстер-приймач, що спотворює інформацію при описі несправності в замовлення-наряді, яку міг би передати автовласник безпосередньо експерту.

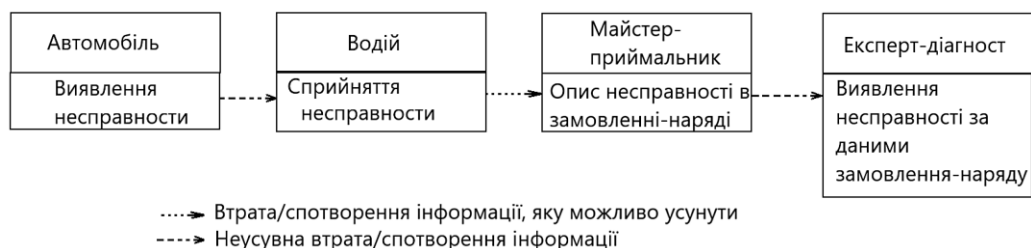


Рис. 1.1. Існуюча схема послідовності виявлення та усунення несправності приватного автомобіля

#### 1.4. Аналіз причин та факторів, що впливають на варіабельність технічного стану автомобілів

Умови експлуатації автомобілів носять випадковий характер і мають імовірнісні характеристики дорожніх умов, швидкості руху, маси перевезеного вантажу, режиму руху. Навіть при усуненні дії випадкових факторів розсіювання значень наробітку різних автомобілів однієї вибірки виявляється помітним.

В процесі експлуатації автомобілів їх вузли і агрегати піддаються постійному впливу широкого спектру факторів, які по-різному відображаються на їхньому технічному стані [7-8].

Фактори, що впливають на зміну технічного стану, можна розділити на групи [8-9]: конструктивно-виробничі, що визначають початкову якість АТЗ, і експлуатаційні фактори, що визначають зміну технічного стану в процесі експлуатації. До першої групи відносяться: вибір схемних і конструктивних рішень; вибір елементів і матеріалів; технологія виготовлення деталей та вузлів, складання і випробування автомобілів; якість виробництва, характеристики

поточного і вихідного контролю.

До другої групи належать експлуатаційні фактори [10], які можуть бути як суб'єктивними, так і об'єктивними. Суб'єктивні фактори пов'язані з впливом обслуговуючого персоналу і можуть сприяти як підвищенню, так і зниженню надійності проведених робіт з технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р). До них відносяться: вибір правильних режимів експлуатації автомобілів, їх ТО і Р, кваліфікація обслуговуючого персоналу і якість його роботи (рис. 1.2.) [11].

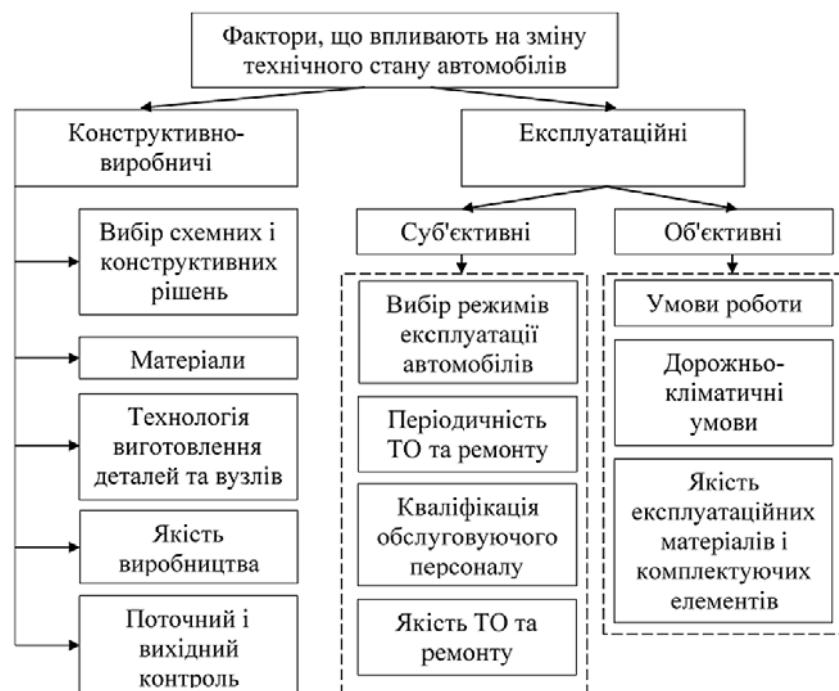


Рис. 1.2. Фактори, що впливають на зміну технічного стану автомобілів

На технічний стан автомобілів впливають конструктивні, технологічні, експлуатаційні та інші фактори.

За характером зміни параметрів технічного стану можна прогнозувати ресурс агрегатів і автомобіля в цілому, але при цьому чітко розрізняють поступові і раптові відмови та особливості їх прояву.

Особливості поступових відмов:

- монотонні зміни параметра технічного стану;
- можливість прогнозувати зміни технічного стану в процесі експлуатації;

- можливість запобігти відмову профілактичними методами.

Технологічні фактори залежать від якості матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей, застосування відповідної термічної обробки їх та складальних робіт (центрування, співвісності, регулювання зазорів, якості кріплення) та ін.

Експлуатаційні фактори залежать від дорожніх, транспортних і кліматичних умов. Вони найбільше впливають на технічний стан автомобілів. Дорожні умови характеризуються типом, станом і міцністю покриттів, поздовжнім профілем дороги, режимом руху, видимістю тощо. Кліматичні умови в різні періоди року визначаються температурою і вологістю повітря, атмосферним тиском, кількістю опадів, силою і напрямком вітру, тривалістю снігового покриву та ін.

Умови експлуатації істотно впливають на режими роботи, навантаження та рівень надійності АТЗ і, як наслідок, - на потреби в ТОіР, змінюючи нормативи технічної експлуатації (рис. 1.3.).

При призначенні режимів ТО АТЗ використовувалися дві тактики:

- за напрацюванням;
- за станом.

Використання напрацювання в якості основи призначення режимів ТО вимагає чіткої класифікації й урахування умов експлуатації, а також режимів роботи агрегатів автомобіля. На жаль, до цього часу немає єдиної класифікації умов експлуатації. Це не дозволяє врахувати вплив всіх експлуатаційних факторів на режими роботи агрегатів, і як наслідок, отримуємо великий розкид показників технічного стану агрегатів автомобіля. Тому призначення режимів профілактичних впливів з напрацювання без урахування фактичного стану АТЗ призводить до необґрунтованих витрат через несвоєчасне проведення профілактичних робіт. Це призводить або до передчасного обслуговування АТЗ, або до запізнення, коли вже потрібно проводити супутній ремонт.

Транспортні умови охоплюють обсяг і відстань перевезень, умови завантаження і розвантаження, особливості організації перевезень, умови

зберігання, обслуговування та ремонту автомобілів. Залежно від умов експлуатації змінюються швидкісні й навантажувальні режими деталей, механізмів та агрегатів автомобілів і термін їхньої безвідмовної роботи. Експлуатаційні матеріали повинні відповідати конструктивним і технологічним особливостям агрегатів автомобіля, їхньому технічному стану й умовам експлуатації.



Рис. 1.3. Вплив умов експлуатації на інтенсивне зношування основних частин автомобілів

Показники несправностей, які відповідають певним органам почуттів людини, можна розділити на такі види:

- акустичні (слух);
- візуальні (зір);
- експлуатаційні (нюх та дотик).

Певна несправність може мати кілька зовнішніх ознак. Це може бути як ознаки одного виду, і їх поєднання. Наприклад, несправність у паливній системі супроводжується підвищеною витратою палива, а також запахом бензину в салоні і слідами від палива під автомобілем.

З іншого боку, кілька несправностей можуть мати подібні зовнішні ознаки. Наприклад, підвищена витрата палива свідчить про пошкодження

форсунок, а також некоректну установку кута випередження запалення, низький тиск у шинах та ін.

Найбільшу групу складають акустичні види несправностей: всілякі шуми, стуки, скрипи, гул, скрегіт, тріск та ін. Джерела сторонніх звуків численні, але основними є несправності двигуна, трансмісії, ходової частини та кермового управління. У колі автомобілістів є крилата приказка: «Гарний стукіт завжди назовні вилізе». Багато хто її розуміє буквально і експлуатує автомобіль до суттєвої поломки. Однак, сенс приказки інший - кожен сторонній звук в автомобілі говорить про несправність, що зароджується. І чим раніше її буде виявлено, тим менші наслідки будуть для автомобіля і, відповідно, для власника. Найголовніше не помилитися з діагнозом.

При появі сторонніх звуків в автомобілі водій повинен точно розуміти, за яких звуків (несправностей) можна продовжувати рух, а за яких рух категорично заборонено. Наприклад, більшість сторонніх звуків у двигуні не допускає подальшої експлуатації автомобіля.

До експлуатаційних показників несправностей відносяться ознаки, що визначаються за допомогою нюху та дотику. Запахи відіграють важливу роль у діагностиці несправностей систем автомобіля. Так, запах бензину в салоні є ознакою несправності паливної системи, запах вихлопних газів (не враховуючи, що транспортний засіб, що їде попереду) - про несправність випускної системи, запах підгорілої машинної олії - про несправність системи мастила. Солодкий хімічний аромат з'являється при підтіканні рідини, що охолоджує - несправності системи охолодження. Прогорілий каталізатор супроводжується запахом тухлих яєць. Має свій специфічний запах і проводка електрообладнання автомобіля, що плавиться.

За допомогою дотику визначаються багато несправностей. Наприклад, ривки під час руху вказують на пошкодження в системі запалювання. Утруднене перемикання передач проявляється при несправності коробки. Несправності елементів підвіски (пружин, амортизаторів) супроводжуються просіданням автомобіля. Збільшений хід педалі гальма свідчить про несправність гальмівної

системи тощо.

Таким чином, необхідно аналізувати зміни технічного стану по-елементно, тобто по-агрегатно, які впливають на технічний стан АТЗ в цілому.

### **Висновок за розділом 1**

У першому розділі проаналізовані наступні напрями:

- а) історія автомобілів Volkswagen;
- б) причини і фактори, що впливають на зміну технічного стану автмобілів.

Встановлено, що мета технічної експлуатації автмобілів – підтримка в потрібних межах вихідних параметрів. Засіб досягнення цієї мети – підтримання і при необхідності відновлення структурних параметрів.

Таким чином, метою роботи є оцінка технічного стану автомобілів категорії М1 за показником витрати палива.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі завдання:

1. Дослідити дані про експлуатаційну витрату палива легкових автомобілів категорії М1 в процесі технічної експлуатації.
2. Дослідити взаємозв'язок між технічним станом та витратою палива легкових автомобілів в процесі технічної експлуатації.
3. Розробити рекомендації.

## РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ДАНИХ ПРО ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ

### 2.1. Мета і задачі дослідження

Метою експериментального дослідження є встановлення взаємозв'язку між технічним станом та витратою палива автомобілів Volkswagen Touran 1.9 TDI у визначених умовах експлуатації.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі задачі:

1. Визначити параметри маршрутів руху автомобіля.
2. Зібрати та обробити статистичні данні щодо динаміки зміни погодних умов впродовж року.
3. Зібрати та обробити статистичні данні щодо несправностей автомобілів Volkswagen, які виникають в процесі їх експлуатації.
4. Зібрати та обробити статистичні данні про експлуатаційну витрату палива автомобілів Volkswagen.
5. Встановити залежність між експлуатаційною витратою палива, умовами експлуатації та технічним станом автомобілів Volkswagen категорії M1.
6. Отримати вихідні дані для розрахунку показників паливної економічності на математичній моделі руху автомобіля.

### 2.2. Об'єкт дослідження

Дослідження включали:

1. Визначення параметрів маршрутів м. Дніпра.
2. Збір та обробку статистичних даних щодо динаміки зміни атмосферного тиску та температури навколишнього середовища в м. Київ в період з 1.01.2025 р. по 31.10.2025 р.
3. Збір та обробку статистичних даних щодо несправностей автомобілів.
4. Збір та обробку статистичних даних про експлуатаційну витрату палива Volkswagen Touran 1.9 TDI, обладнаних дизелем ВХЕ з МКПП 6.
5. Визначення фактичних швидкісних режимів експлуатації автомобіля.

Об'єктами експериментальних досліджень були 100 автомобілів Volkswagen Touran 1.9 TDI, 2003...2024 років випуску, з серійним рядним 4-циліндровим двигуном, з рідинною системою охолодження та МКПП 6.

У таблиці 2.1 наведені технічні характеристики Volkswagen Touran 1.9 TDI.

Таблиця 2.1

## Технічна характеристика Volkswagen Touran 1.9 TDI

Параметри	Значення
Двигун	
Двигун	1.9 TDI
Код двигуна	VJB/ВКС/BLS/BSV/BXE
Тип двигуна	ДВЗ
Тип палива	Дизель
Об'єм двигуна, куб.см	1896
Розташування циліндрів	Послідовне
Кількість циліндрів	4
Кількість клапанів	16
Ступінь стиснення	18.5: 1
Потужність, к.с.	105
Обороти макс. потужності, об./хв.	4000
Крутний момент, Нм	250
Обороти макс. моменту, об./хв.	1900
Динаміка і витрата	
Максимальна швидкість, км/год	179
Час розгону (0-100 км/год), с	13.2
Витрата палива (міський цикл), л/100 км	7.4
Витрата палива (заміський цикл), л/100 км	5.2

Витрата палива (змішаний цикл), л/100 км	5.9
Норма токсичності	Euro IV
Габарити	
Кількість місць	5
Довжина, мм	4407
Ширина, мм	1794
Висота, мм	1635
Колісна база, мм	2674
Колія передніх коліс, мм	тисячі п'ятсот сорок одна
Колія задніх коліс, мм	1514
Споряджена маса, кг	+1427
Повна маса, кг	2090
Обсяг багажника, л	695
Обсяг паливного бака, л	60
Діаметр розвороту, м	11.2
Коробка і привід	
Коробка передач	6-МКП
Тип коробки передач	Механіка
Кількість передач	6
Фірма КПП	VAG
Привід	передній

### 2.3. Аналіз бортових систем контролю та діагностики автомобілів

Удосконалення інформаційних систем почалося із застосування вимірювачів завантаження ДВЗ. Універсальна інформаційна система (УІС), яка відстежує показники дійсної швидкості руху, буксування двигуна та пройденого шляху [18].



Рис. 2.1. Універсальна навігаційна система Мірком 200 (Mircom M200)

Але перелік контрольованих показників сучасних інформаційних систем значно більший. Так, обов'язковим компонентом таких систем є глобальна система позиціонування (GPS). Можна відзначити і одну з перших розробок: систему Мірком-200 на основі операційної системи Windows 5. OCE Pro з визначним діапазоном робочих температур: від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Зібрана системою інформація може застосовуватися при аналізі не тільки на поточному MEM, але й переноситься на інші платформи за допомогою технологій Bluetooth, USB та інших НІВ- розгалужувачів.

Існують інформаційні системи та безпосереднього одиничного контролю або «Single Type System» (STS). Іноземні розробники STS - це фірми Agrotronic (Франція), Timken (Великобританія), Sky Eye, Linetronic (США).

Вбудований в бортовий комп'ютер модуль зв'язку (GPRS-модем)



Карта пам'яті SD



SIM-карта



Зовнішня Глонасс/GPRS - антена



Рис. 2.2. Компоненти системи дистанційного моніторингу Agrotronic

Першою системою, дає рекомендації, нашій країні стало автономне пристрій «Радник», з урахуванням процесора [37]. Аналогічні системи виробляють зарубіжні фірми Datatronic, Spartronic. Системи підказують оператору про можливі зміни режиму роботи ДВЗ за даними поточних значень навантаження та частоти обертання колінчастого валу. Сучасні системи вже мають мовленнєвий висновок інформації. Типовим представником є система Warning Speaker, що інформує оператора про зміну порядку 30 показників: температура двигуна, рівень гальмівної рідини, тиск масла, напруга бортової мережі і т.д.

Найчастіше зустрічаються електронні системи автоматичного управління (ЕСАУ) фірми Bosch. Їх використання необхідне для задоволення високих вимог щодо екологічності, економічності, експлуатаційних характеристик, зручності обслуговування та діагностики, що пред'являються до сучасних машин законодавчо та безпосередньо споживачами. До систем автоматичного управління належать також навігаційні системи.



Рис. 2.3. Massey Ferguson 8700 Series Tech Advancements

Широко застосовується розроблена з урахуванням ЕСАУ гіроскопічна система VDS підвищення курсової стійкості транспортних засобів у складних умовах руху. При позаштатних умовах руху VDS надає спільний вплив на крутний момент ДВЗ і на антиблокувальну систему гальм ABS, ніж виключає бічний відведення агрегату при поворотах.

Бортові системи стали невід'ємною частиною електронного обладнання

автомобілів. У минулому вони розглядалися як побічний результат впровадження складніших мікропроцесорних систем управління, але останнім часом стали одним із головних напрямів комп'ютеризації автотранспортних засобів. Мікропроцесорним бортовим засобам відводяться завдання моніторингу технічного стану агрегатів, вузлів, систем та автомобіля загалом. За підсумками збору даних формуються рекомендації щодо подальшої експлуатації або проведення ТО, ТП або дрібного ремонту.

На виставці CES 2018 у Лас-Вегасі компанія Bosch представила інтелектуальну технологію, яка дозволяє водієві концентруватися саме на управлінні автомобілем і не відводити погляд від того, що дійсно важливо - дороги. Штучний інтелект допомагає перетворити інтерфейс «людина - машина» (НМІ) в командний центр, який думає наперед. В основі функціоналу інтерфейсу НМІ лежить асистент з голосовим управлінням, що реагує на мову людини. Він навіть має здатність розпізнавати ті чи інші діалекти.

Завдяки технології розуміння природної мови (NLU) водії можуть розмовляти з асистентом Кейсі (Casey), як з пасажиром. Ще одна перевага Кейсі - її здатність думати наперед. За допомогою штучного інтелекту вона може навчитися прогнозувати ймовірні пункти призначення в залежності від часу доби, а коли їй дається команда включити радіо, вона може зробити це з урахуванням переваг водія: наприклад, вранці включити новини, а ввечері - музику. Дисплеї, інформаційно-розважальні системи, голосове управління: одним з наслідків удосконалення технологій в салоні є підвищення вимог до обчислювальних потужностей, проводки та архітектури бортових мереж. В сучасних транспортних засобах дисплеями і електронними приладами керують 5, 10, а то і 15 електронних контролерів. Для координації інформації, яка відображається на всіх дисплеях, необхідні великі обчислювальні потужності. У майбутньому компанія Bosch планує організувати роботу всього інтерфейсу НМІ на основі бортового комп'ютера, а також інтегрувати більш широкий функціонал в єдиний центральний процесор. Це дозволить зводити і синхронізувати всі дані інформаційно-розважальної системи, показники панелі приладів і іншу наведену

інформацію таким чином, щоб ними можна було керувати з будь-якої частини транспортного засобу в кожен конкретний момент часу.



Рис. 2.4. Штучний інтелект інтерфейс у«людина - машина» (НМІ) від  
Бош

Сучасні бортові системи класифікуються як змішані або комбіновані типи. А саме:

- системи контрольних точок. Забезпечують виведення сигналів зовнішні засоби діагностування;
- бортові системи контролю. Призначені для контролю параметрів функціонування щодо відповідності допускам та контролю технічного стану з виведенням результатів на екрани в кабіні оператора;
- системи діагностування. Функціонують спільно зі стаціонарними інформаційно-керуючими центрами.

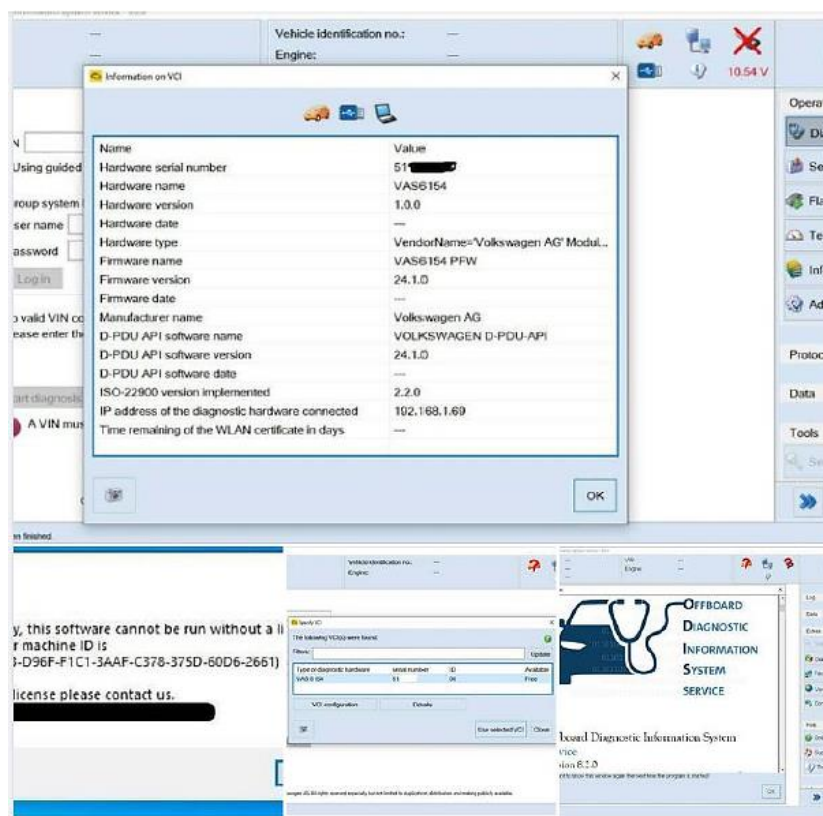


Рис. 2.5. Offboard Diagnostic Information System ( ODIS 8.2.0 )

Програма Offboard Diagnostic Information System Service (ODIS Service) концерну Volkswagen використовується сервісними станціями для ТО та дає можливість ідентифікувати блоки керування автомобілів, зчитувати записи з реєстратора подій, та за допомогою веденого пошуку несправностей надавати допомогу при ремонті автомобіля. Можливості використання програми розширені рахунок таких функцій, як підтримка вимірювальних засобів, прошивка блоків управління і самодіагностика автомобіля. Мережеве з'єднання з системами концерну надає користувачеві доступ до всіх найважливіших сервісів та баз даних концерну Volkswagen. ODIS Service призначена для роботи зі всіма марками концерну Volkswagen.

Дані системи служать для непрямого узагальненого моніторингу працездатності вузлів та агрегатів із збереженням результатів у бортовий накопичувач для подальшого прогнозування та обліку ресурсу та напрацювань вузлів, коригування режимів ТО.

## 2.4. Дослідження експлуатаційної витрати палива автомобілів

### 1. Маршрут руху автомобіля.

Вимірювання відстані та швидкості під час руху автомобіля за маршрутом проводилось за допомогою USB GPS датчиком GlobalSat ND-105C, підключеного до мобільного телефону SonyXperia X Dual F5122. Зчитування та запис даних здійснювався у додатку «Спідометр GPS Pro» версії 3.7.50 у форматі gpx [12-13].

Дані про динаміку зміни рельєфу були отримані з GPS датчика та порівняні з даними програми «Google Планета» та базами даних NASASRTM1 та NASASRTM3 через сервіс [13-14]. Зміна техніко-експлуатаційних показників вимірювалися програмою CarScannerPro 1.31.5.



## 2. Дані параметрів навколишнього середовища.

Атмосферний тиск контролювався Метеопостом [15] та барометром-анероїдом [14] МД-49-А№5968 (рис. 2.6.) зі шкалою від 80000 до 106000 Па та ціною поділки 1000 Па. Температура повітря вимірювалася цифровим термометром ТРМ 10 (рис. 2.7.) з виносним датчиком.

## 3. Апроксимація даних.

Спираючись на результати досліджень, наведених в роботах [12-14], апроксимація експериментальних даних витрати палива та встановлення залежності її величини від інших параметрів здійснювалася методом найменших квадратів за допомогою квадратичного рівняння:

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (2.1.)$$

	
<p>Рис. 2.6. Барометр-анероїд МД-49-А</p>	<p>Рис. 2.7. Цифровий термометр ТРМ 10</p>

Параметри  $a$ ,  $b$  та  $c$  даного рівняння знаходились з умови мінімуму функції:

$$Q(a, b, c) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i^2 + bx_i + c))^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 + bx_i + c)^2, \quad (2.2.)$$

Умова мінімуму функції (2.2) зводяться до системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 + bx_i + c) \cdot (-x_i^2) = -2 \sum_{i=1}^n (x_i^2 y_i - ax_i^4 - bx_i^3 - cx_i^2) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 + bx_i + c) \cdot (-x_i) = -2 \sum_{i=1}^n (x_i y_i - ax_i^3 - bx_i^2 - cx_i) = 0, \\ \frac{\partial Q}{\partial c} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 + bx_i + c) \cdot (-1) = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) = 0 \end{cases} \quad (2.3.)$$

Після перетворень, отримуємо систему трьох лінійних рівнянь з трьома невідомими:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^4 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^3 + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i, \\ a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i + cn \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (2.4.)$$

при вирішенні якої знаходимо значення параметрів  $a$ ,  $b$  і  $c$ .

Точність апроксимації встановлювалась за допомогою коефіцієнту детермінації, який визначається наступним чином:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}, \quad (2.5.)$$

де  $SS_{res} = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$  - сума квадратів залишків регресії;

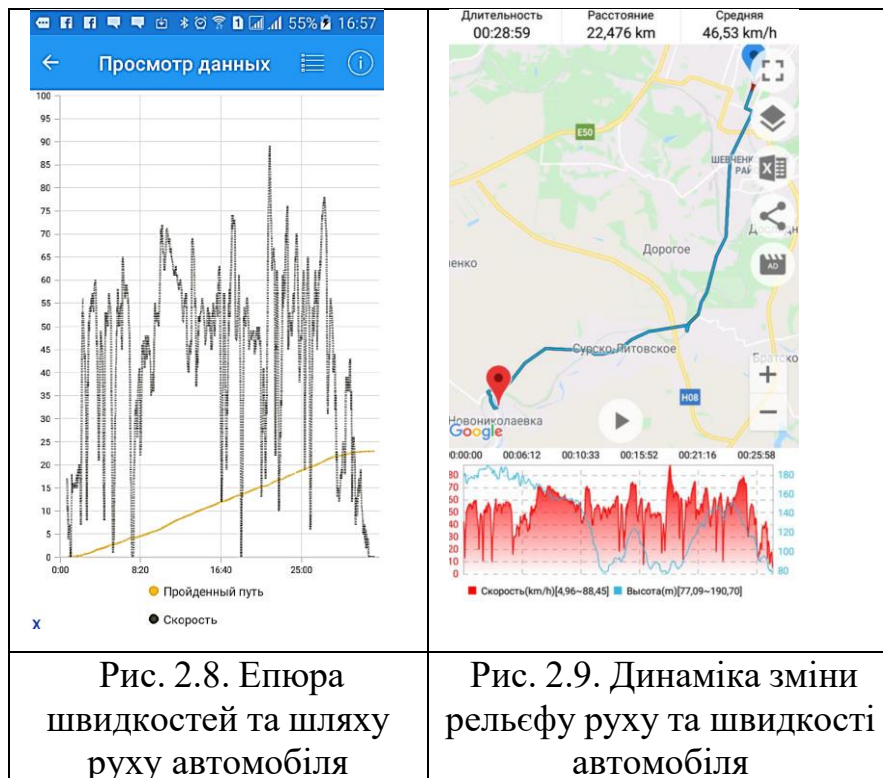
$y_i$ ,  $\hat{y}_i$  - фактичні і розрахункові значення пояснюється змінної;

$SS_{tot} = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$  - загальна сума квадратів.

## 2.5. Результати досліджень

### 2.5.1. Маршрут руху автомобіля.

В якості прикладу [5], на рисунках 2.8. та 2.9. наведено епюру швидкостей, шлях руху та динаміка зміни рельєфу в процесі експлуатації. Маршрут с. Новомиколаївка – м. Київ (Шевченківський район).



### 2.5.2. Параметри навколишнього середовища та їх зв'язок з витратою палива.

За період проведення експериментального дослідження було зібрано данні про температуру навколишнього середовища та величину атмосферного тиску [5]. Графік зміни температури, опадів, світового дня та вітру з усередненими значеннями за дослідний період наведено на рисунках 2.10, 2.111 та 2.12 відповідно. Як видно з графіків, температура навколишнього середовища змінюється за синусоподібним законом, а величина атмосферного тиску має рівномірний розподіл упродовж року і знаходиться на рівні 99,3 кПа.

Дослідження клімату України [26-27] свідчать, що протягом останніх десятиліть температура та деякі інші метеорологічні параметри відрізняються від значень кліматичної норми (усередненого значення за період 1961–1990 рр.). За даними В.О. Балабух [27] середньорічна температура повітря за останні двадцять років (1991-2010 рр.) зросла на 0,8°C відносно кліматичної норми. У П'ятому національному повідомленні з питань зміни клімату [26] зазначено, що найбільше підвищення температури повітря відбулося у січні (приблизно на 2°C). На крайньому північному сході території України за кліматологічною

стандартною нормою (1961– 1990 рр.) проходила ізотерма – 6°C, тоді, як за період 1991-2020 рр. там проходить ізотерма –4° [27] (рис. 2.13). У південному напрямі значення кожної ізотерми стало вищим на 1°C; на заході розташована ізотерма – 2°C замість – 3°C, як було раніше; на сході – ізотерма – 4°C замість – 5°C. У Криму – там, де проходила ізотерма – 0°C, знаходиться ізотерма +1°C. Отже, спостерігаємо чітке зростання температури повітря в Україні за період 1991–2020 рр. порівняно з 1961–1990 рр.

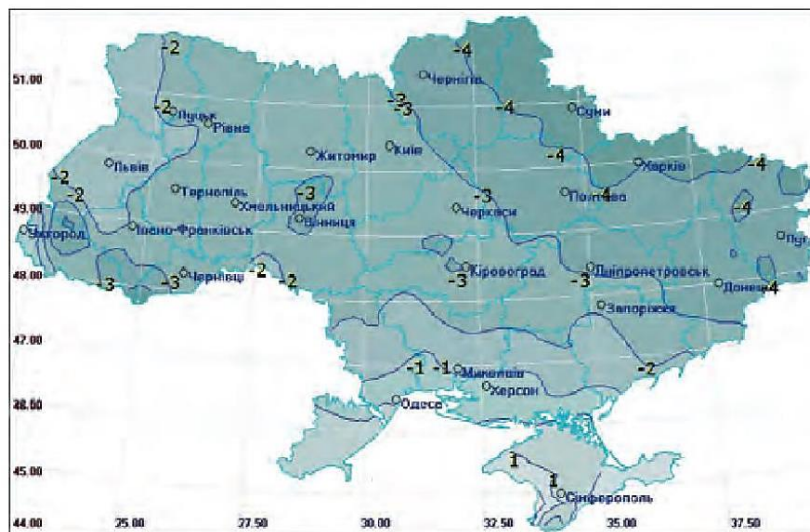


Рис. 2.13. Середня за зиму приземна температура повітря за 1991–2024 рр. [26]

У липні температура повітря підвищилася на всій території України на 1,0 – 1,5°C. На заході проходить ізотерма 19°C замість 18°C; на півдні – ізотерма 22°C, якої не спостерігалось на карті температури за стандартний кліматичний період (рис. 2.14.).

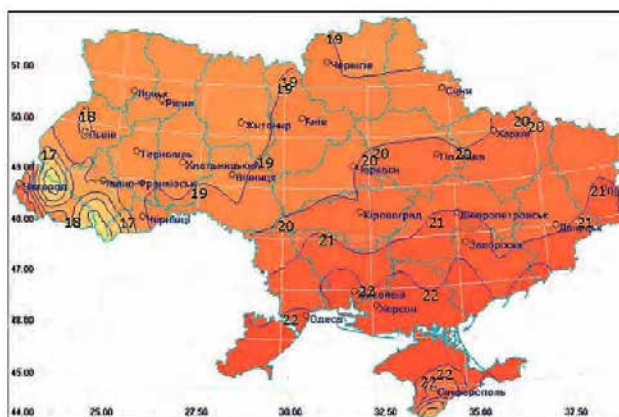


Рис. 2.14. Середня за літо приземна температура повітря за 1991–2024 рр.

[26]

Таблиця 2.2.

Результати дослідження впливу температури навколишнього  
середовища на витрату палива автомобіля

Температура, °С	Витрата палива л/100 км	Температура, °С	Витрата палива в л/100 км	Температура, °С	Витрата палива в л/100 км
-13	9,97	1	7,10	14	5,67
-12	9,82	2	7,10	15	5,58
-11	9,51	3	6,99	16	5,45
-9	9,40	4	6,92	17	5,90
-8	9,36	5	5,91	18	5,89
-7	9,26	6	6,55	19	6,12
-6	8,30	7	6,30	20	6,65
-5	8,78	8	6,25	21	6,70
-4	8,30	9	6,14	22	6,98
-3	8,10	10	6,12	23	7,40
-2	8,12	11	6,05	24	7,34
-1	7,90	12	5,99	25	8,12
0	7,20	13	5,80	26	8,24

Таблиця 2.3.

Поліноміальні залежності витрати палива від температури  
навколишнього середовища

Рівняння	Точність апроксимації	$Q_{s0}$	$\frac{c}{Q_{s0}}$
$Q_s(t)=0,0075 \cdot t^2 - 0,1778 \cdot t + 7,1586$	0,9038	5,34	1,02

де  $Q_s(t)$  - витрата палива залежно від температури навколишнього середовища, л/100 км;

$t$  - температура навколишнього середовища, °С;

$Q_{s0}$  - витрата палива в перший місяць експлуатації, л/100 км.

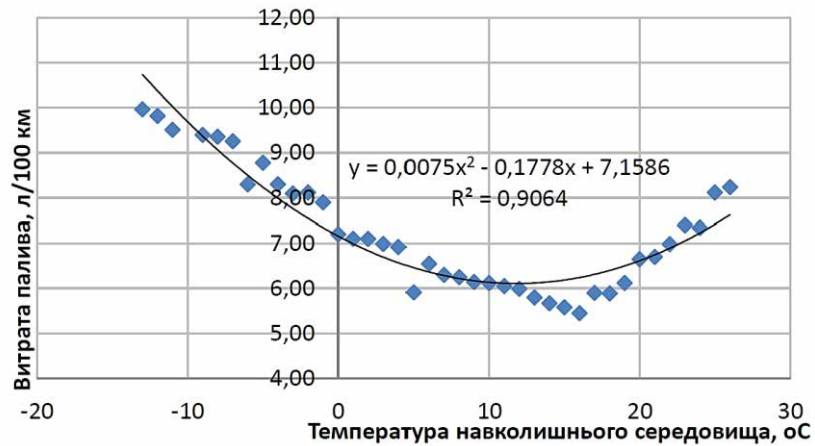


Рис. 2.15. Залежність витрати палива від температури навколишнього середовища

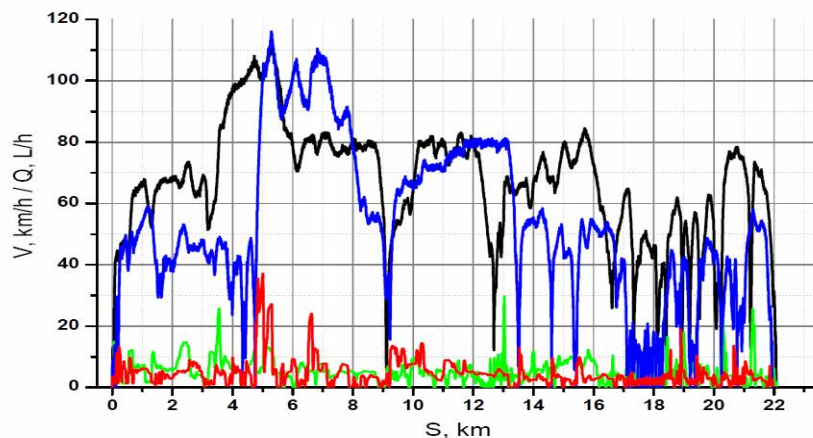


Рис. 2.16. Залежність швидкості і годинної витрати палива по місту Київ

### 2.5.3. Дані про відмови основних складників автомобілів та їх зв'язок з витратою палива.

Туран випускається з 2003 року. Технічно Туран з 2003 по 2015 рік – це одна і та ж платформа PQ35, і один і той же покоління.

Перший глибокий рестайл (GP, global product update) стався в 2006 році. Крім оновилася оптики в дусі Passat B6 відбулися істотні зміни в моторно-коробочки гамі. З'явився турбомотор 1.4 TSI, який замінив два атмосферника з безпосереднім уприскуванням – 1.6 FSI і 2.0 FSI. Найпростіша версія з атмо 1.6 MPI з розподіленим уприскуванням поки залишилася в строю. Замість гідромеханічних коробок Aisin з'явилися безальтернативні DSG.

Другий рестайлінг (GP2), вже в стилі Passat B7, припав на 2010 рік. Невибагливий атмосферник 1.6 MPI замінено на 1.2 TSI. Дизельні мотори змінили системи живлення з насос-форсунок (PD) на Common Rail.

Автомобіль Туран третього покоління випускається з 2010 р. На ньому стоїть новий Common Rail дизель. Заміна ременя по інструкції через 210 тис км. Заміна масла через 30 тис км. Інспекція через 60 тис км. Коробка ДСГ – зміна масла через 60 тис км.

Корозії на Турані зазвичай небагато, навіть якщо це машини перших років випуску. Але якщо вона є, то найчастіше проявляється на кришці багажника - навколо плафона освітлення номера або шильдіка VW. Рідше – на арках. Але в цілому кузов непогано оброблений від корозії (велика частина панелей оцинкована) і пофарбований.

Лобове скло затирається порівняно швидко, після сотні тисяч видимість погіршується вже відчутно.

Атмосферне 1.6 102 к.с. BGU/BSE/BSF сімейства EA113 з розподіленим уприскуванням – фольксвагеновська класика з ременем в приводі ГРМ і гідрокомпенсаторами в приводі клапанів. Дійсно надійний мотор, по суті, без слабких місць. Всі проблеми чисто вікові, ну або наслідки відверто поганого сервісу. Якщо не пропускати інтервали ТО, то ресурс 300-350 тисяч взагалі без вкладень.

Атмосферний 1.6 FSI BAG/BLF/BLP 116 к.с. сімейства EA111 – зі безпосереднім уприскуванням Motronic MED 9.5.10. Паливна апаратура примхлива до якості палива, по специфікації мотор належить годувати АІ-98, проблеми з утрудненим пуском на холодну також присутні. Якщо запороти ПНВД або форсунки, ремонт буде невиправдано доріг. ГРМ ланцюгової, ланцюг розтягується часто ще до 100 тисяч км пробігу, міняти її теж значно дорожче, ніж ремінь. Плюс умови для роботи поршневої групи у випадку з безпосереднім уприскуванням свідомо гірше, ніж з розподіленим, і при інших рівних закоксовка кілець відбувається раніше.

Атмосферний двигун 2.0 FSI AXW/BLR/BLX/BVY (150 к.с.) сімейства

EA113 позбавлений проблеми з ланцюгом, тому що привід ГРМ тут пасової, з передбачуваним пробігом як мінімум в 60 тисяч і низькою вартістю заміни. Паливна система тут – той же Мотроник МЕД 9.5, з усіма властивими йому ризиками і рекомендованим паливом АІ-98.

Двигуни 1.2 TSI (105 к.с., СВЗВ), будучи новими, вражали низькою витратою палива і непоганою тягою. Проблема в тому, що в 2010-2011 роках мотори страждали від феноменально слабкого приводу ГРМ з ланцюгом, ресурс який 30-50 тисяч км. У 2011 році привід дуже істотно доопрацьовано, ресурс піднявся до 100 тисяч км. На тому ж пробігу варто звернути увагу і на натяг ланцюга маслonaсосу. Головка блоку тут, що цікаво, 8-клапанна, поршнева група не дуже схильна до закоксовке. Ресурс турбіни – 120-150 тисяч км. Ресурс паливної системи, якщо не зловживати з якістю бензину, до 180-200 тис. км.

Двигун 1.4 TSI (140 к.с. ВМУ/CAVC і 170 к.с. ВLG/CAVB) – тієї ж серії EA111, але з істотними відмінностями. Привід ГРМ трохи більше живучий, але також не завжди переживає 100-тисячний позначку (змінюється разом не тільки з натяжниками, але і з фазообертачем, ресурс якого також невеликий). Схожа історія з ланцюгом оливо-насоса, схожий ресурс ТНВД і турбіни (на варіантах з форсуючим 140 і 170 разом з турбіною працює ще й компресор, але головним постачальником проблем на 1.4 EA111 є не наддув). Саме на 1.4 істотно гірше умови для роботи поршневої групи. Майже на всіх вікових машинах підвищена і без того висока робоча температура, як мінімум частково закоксовані кільця і клапани, досить імовірно йде масло і через вентиляцію картера.

До другого рестайлінгу 2010 року дизелі мали систему живлення з насос-форсунками (Pumpe Duse, PD), це сімейство EA188. На 8-клапанних дизелях 1.9 TDI форсунки електромеханічні, на 16-клапанних 2.0 TDI - у випадку з Тураном, завжди п'єзоелектричні. Різниця в уразливості перед поганим паливом і вартістю заміни – колосальна не на користь п'єзо. Висновок простий - найкращий вибір 1.9 TDI, без фільтру сажі DPF (BRU, VXF, AVQ, VJB, VKC, VXE, 90-100 к.с.) переважні.

Після 2010 року, як уже було сказано вище, Фольксваген відмовився від

системи живлення PD і перейшов на широко поширений Common Rail. Нове сімейство дизелів - EA189. Форсунки тут теж п'єзоелектричні, проте самі вони паливо не качають, пристрій простіше. Ресурс до 200 тис км.

Двигун 2-літровий TDI. Термін служби шестикутника (штифт приводу оливо-насосу) до 100 тисяч.

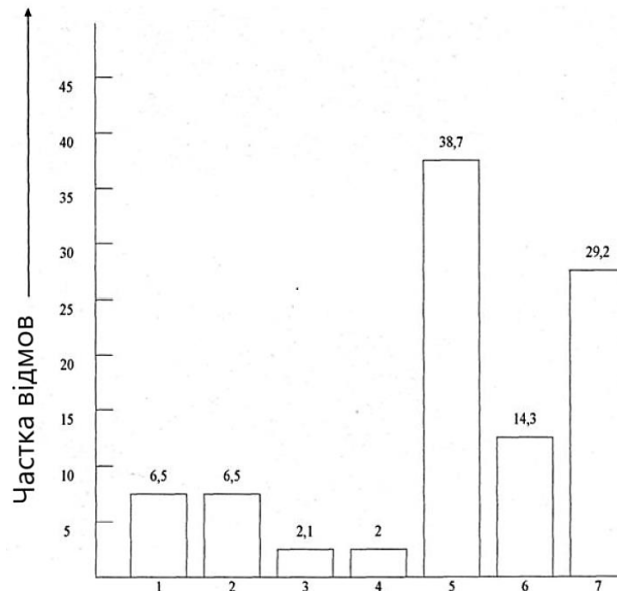


Рис. 2.16. Статистичний розподіл відмов частин дизеля

1 - кривошипно-шатунний механізм, у тому числі деталі ЦПГ; 2 – механізм газорозподілу; 3 – корпус дизеля; 4 - система мастила; 5 – система живлення паливом; 6 – система охолодження; 7 – вузли ущільнення, у тому числі паливної апаратури

Ресурс механічної коробки – шум підшипника первинного вала 200 тис. км.

На машинах з дизелями ресурс маховика коливається від 150 до 200 тисяч і сильно залежить як від крутного моменту мотора (чим він вищий, тим ресурс маховика менше), так і від стилю їзди.

Класичний автомат з гідротрансформатором Aisin TF-60SN, він же 09G, попадається на Турані дуже рідко, і тільки з бензиновими атмосферником. Сама коробка непогана, але їй не пощастило з системою охолодження і регламентом заміни масла. Масло варто міняти хоча б через 60 тисяч, а краще

через 45 тис. км. Блокування гідротрансформатора – 120-140 тисяч, і саме на цьому пробігу варто робити «малий капремонт», навіть якщо симптомів немає. На рис. 2.18. наведено залежність ймовірності відмови систем, що обслуговують двигун (масляна, паливна, повітряна) та двигуна в цілому автомобіля марки Volvo від пробігу.

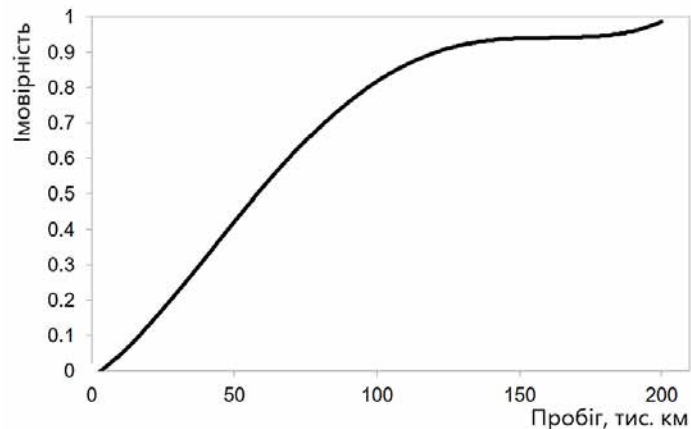


Рис. 2.17. Ймовірність відмови систем та двигуна в цілому автомобіля марки Volvo в залежності від пробігу

Обробивши статистичні дані щодо відмов електронних систем автомобілів марки Volvo, були побудовані залежності ймовірності від пробігу. Результати показано на рис. 2.18.

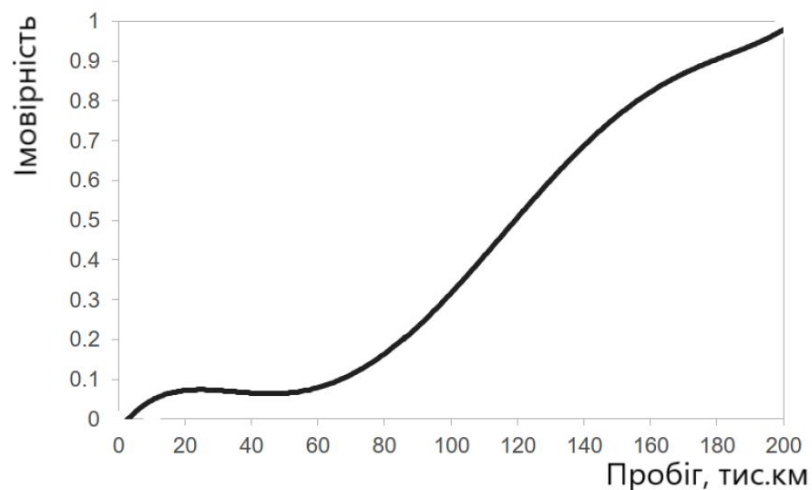


Рис. 2.18. Можливість відмови електронних систем автомобіля марки Volvo в залежності від пробігу

Для відмови електронних систем автомобіля марки Volvo в залежності від пробігу, область зі статистично достовірним пробігом починається зі 180 тис. км.

#### **2.5.4. Регламентні роботи ТО автомобілів**

Технічне обслуговування автомобіля VW Touran необхідно виконувати через кожні 20000 км (з бензиновим двигуном кожні 15000 км) або 1 раз на рік, в залежності від того, яка подія виникне першим.

Компактвен VW Touran побудований на базі Golf і тому перейняв всі його основні переваги та недоліки. Але є у нього і свої суто індивідуальні особливості. Перше покоління Touran випускалося з 2003 по 2009 роки (з рейсталінг в 2006 році) і справедливо може похвалитися високим купівельним попитом. Рівень безпеки теж досить високий, але в будь-якому випадку подушки безпеки після 100 тис. км потрібно перевірити обов'язково.

#### **2.6. Аналіз несправностей основних агрегатів легкових автомобілів**

Несправності двигуна і паливної системи Touran I. Дизельні двигуни, що встановлюються на Touran I, законно можуть похвалитися високою економічністю; до 100 тис. км виходить з ладу турбінна крильчатка.

Клапан EGR вимагає постійної чистки, а фільтр сажі до пробігу в 140 тис. км забивається, і заміна його обійдеться недешево. Найнадійнішим по праву вважається 1.9D. Двигуни 1.9TDI і 2.0TDI – ресурс розподілу валів і штовхачів до 110 тис. км.

На дволітровому TDI необхідно придивитися до насос-форсунок. Якщо на них стоїть клеймо Siemens, то краще з ними не зв'язуватися, дуже проблемні. До того ж дуже багато двигунів 2.0TDI, випущених в період з 2003 по 2004 роки мали заводський дефект головки блоку циліндрів, через якого на ГБЦ при перегріванні або навіть просто максимальних навантаженнях після 100 тис. км пробігу могли утворитися тріщини. Ну а з 2006 року на дизелі VW Touran стали встановлювати найдорожчі і недовговічні сажові фільтри. Питання вирішується видаленням фільтр сажі, тому що заміна на новий обійдеться дуже дорого.

В електрообладнанні самими ненадійними виявилися вентилятор печі, електросклопідіймачі і передній склоочисник. Ще й звуковий сигнал може

закінчити своє життя до 100 тис. км. До решти електриці великих претензій немає.

У трансмісії самим ненадійним і проблемним вузлом вважається преселективна DSG, зокрема її диски подвійним зчепленням. Проявляється це смикання при рушанні і перемиканні передач. Усунути цю проблему іноді допомагає оновлення або заміна програми управління, але якщо це не допомогло, то доведеться міняти КПП цілком, так як вартість ремонту не набагато менше нової коробки. Але при акуратній експлуатації Вольцваген Туран ресурс роботизованою DSG може досягти 260 тис. км. Стільки ж витримує і зчеплення механічною КПП. Крім нього на механіці з TDI іноді ламаються демпферні пружини двомасових маховика, при цьому вони руйнують корпус маховика і виводять з ладу всю КПП.

На першому етапі дослідження впливу технічного стану на витрату палива було підтверджено загальну гіпотезу про те, що за однакових умов експлуатації, нові автомобілі споживають меншу кількість палива, ніж автомобілі, що були в експлуатації. Для цього було порівняно витрату палива на маршруті помісячно. Результати наведені в таблиці 2.8 та на рисунку 2.18.

Як видно, рівняння мають однаковий коефіцієнт  $a$  та досить близькі значення коефіцієнта  $b$ . В той же час, коефіцієнт  $c$  практично рівний початковій витраті палива  $Q_{s0}$  при експлуатації на певному маршруті. З цього можна зробити висновок, що в загальному вигляді, рівняння залежності витрати палива від терміну експлуатації матиме вигляд:

$$Q_s(T_e) = -0,0001 \cdot T_e^2 + 0,07766 \cdot T_e + Q_{s0}, \quad (2.9.)$$

Також, оскільки характер зміни кривої однаковий для всіх чотирьох випадків, на що вказує подібність коефіцієнтів поліноми  $a$  та  $b$ , а різниця лише в її початковій точці, то можна зробити висновок, що залежність (2.9) доцільно використати для визначення коефіцієнту коригування лінійної витрати палива за терміном експлуатації, який позначимо  $k_T$ :

$$k_T = \frac{-0,0001 \cdot T_e^2 + 0,07766 \cdot T_e + 1,02 \cdot Q_{s0}}{Q_{s0}} = 1,02 + \frac{-0,0001 \cdot T_e^2 + 0,07766 \cdot T_e}{Q_{s0}}. \quad (2.10.)$$

Тоді витрата палива в певний місяць експлуатації буде визначатись за формулою:

$$Q_s = Q_{s0} \cdot k_T, \quad (2.11.)$$

Наступною частиною дослідження було встановлення переліку несправностей, які виникають в процесі експлуатації автомобілів. Усі відмови за дослідний період було згруповано за приналежністю їх до певної системи чи складника [15]. Після цього було підраховано загальну кількість відмов, кількість відмов на одиницю рухомого складу в групі та відсоток від загальної кількості відмов у групі для кожної з досліджуваних груп. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.12.

З результатів розрахунку можна зробити висновок, що усі відмови, які виникають в процесі експлуатації автомобілів, доцільно розділити на дві групи [16]:

- 1) ті, чия кількість збільшується із збільшенням терміну експлуатації. До них відносяться електрообладнання, система охолодження, колеса, гальмівна система, підвіска, КП, ДВЗ;
- 2) ті, які виникають рівномірно упродовж всього терміну експлуатації. До них відносяться система випуску відпрацьованих газів; система мащення; система живлення; кузов, рульове керування.

Окремо виділено ускладнення в роботі, викликані якістю ПММ та періодичне технічне обслуговування, оскільки, фактично, дані категорії не відносяться до змін технічного стану автомобіля.

Узагальнюючи отримані в результаті дослідження дані (рис. 2.19.), слід зазначити, що найбільша кількість відмов припадає на електрообладнання, систему охолодження та колеса. Найменшу кількість відмов має рульове керування, система випуску відпрацьованих газів та система мащення.

Слід також зазначити, що одним із напрямів зниження обсягу та збільшення періодичності технічного обслуговування є вдосконалення конструкцій паливної апаратури і підвищення її експлуатаційної технологічності.

Якщо зниження потужності дизеля у разі досягнення граничних зносів при відрегульованій паливній апаратурі не перевищує у автотракторних двигунів, за різними даними до 5%, а погіршення економічності - 4-5%, то при розрегулюванні паливної апаратури не вважається за відмову, на новому дизелі падіння потужності складає 7%, а збільшення питомої витрати - 6%.

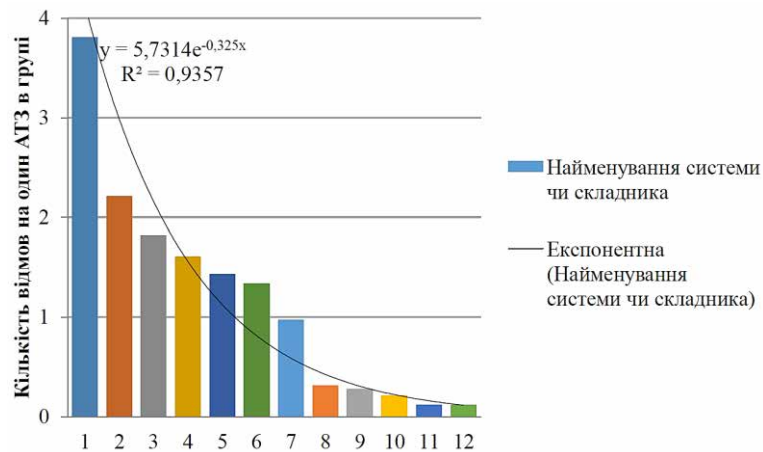


Рис. 2. 19. Сумарна кількість відмов на одиницю рухомого складу

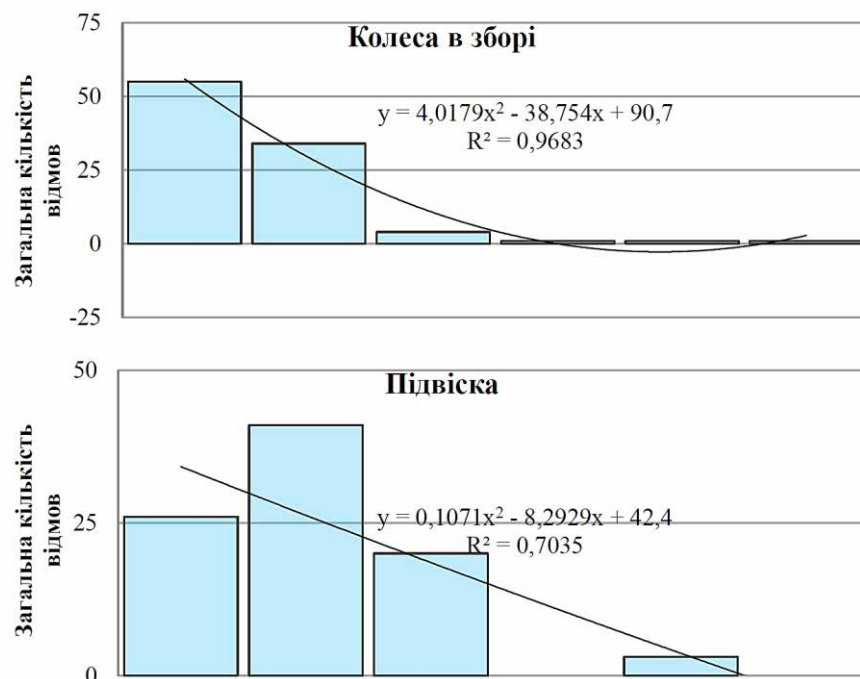


Рис. 2.20. Графіки розподілу кількості несправностей по елементам

Таким чином, від зміни технічного стану паливної апаратури залежатимуть основні потужнісні та економічні показники дизеля:

- надійність;
- стабільність параметрів;

- питомі масові та об'ємні характеристики;
- рівень створюваного шуму;
- токсичність і димність газів, що відпрацювали.

У літературі [12, 11, 15] наголошується, що на частку відмов паливної апаратури припадає від 18 до 55% порушень та поломок дизеля та їх середня відносна частота відмов найбільша. За даними [5] середня відносна частота відмов для деталей паливної апаратури для форсунок 10,5%, для паливного насоса високого тиску - 9%.

## **Висновки за розділом 2**

Встановлено в результаті досліджень:

1. Температура навколишнього середовища змінюється за синусоподібним законом, а величина атмосферного тиску має рівномірний розподіл упродовж року і знаходиться на рівні 99,3 кПа. Загальний діапазон температур –  $-13...+26^{\circ}\text{C}$ .

2. Отримано рівняння залежності витрати палива від температури навколишнього середовища. Визначено коефіцієнти корегування для відповідних температур та визначені коефіцієнти детермінації для значень, отриманих за рівнянням.

3. Проаналізовані дані про відмови основних складників легкових автомобілів Volkswagen та їх зв'язок з витратою палива. Встановлена чітка залежність витрати палива від терміну експлуатації автомобіля. Отримані поліноміальні залежності витрати палива від кількості місяців в експлуатації.

4. Усі відмови за дослідний період було згруповано за приналежністю їх до певної системи чи складника.

## РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТА ВИТРАТОЮ ПАЛИВА ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

### 3.1. Ресурс основних частин та агрегатів легкових автомобілів

Для аналітичного дослідження взаємозв'язку між технічним станом та витратою палива автомобілів на математичній моделі необхідно сформулювати вихідні дані, які включають технічні характеристики транспортного засобу, поліноміальні залежності апроксимаційних рівнянь, які входять у математичну модель, маршрут руху з характеристикою ділянок (довжина, радіус повороту, повздовжній ухил) та значення параметрів, якими будуть імітуватись несправності [14].

Як було зазначено найбільш характерними несправностями, які виникають в процесі експлуатації автомобіля є несправності підвіски, системи охолодження, гальмівної системи, коліс, ДВЗ та КП.

В арсеналі Touran є бензинові і дизельні двигуни, і кожен з них цілком реально побачити на авто, що експлуатуються в Україні.

За твердженням мотористів фірмової СТО, серед бензинових агрегатів самим безпроблемним виявився перевірений часом «8-клапанник» 1,6 л MPI. Мотор такого ж обсягу, але з безпосереднім уприскуванням палива FSI менш надійний – в ньому відзначено відмову гидронатяжителя ланцюга ГРМ, а також проблеми з самої ланцюгом, яка може розтягнутися до 120-150 тис. км. Були також випадки проскакування ланцюга ГРМ, що призводило до фатальної зустрічі клапанів з поршнями.

Двигун 2,0 л FSI позбавлений подібних проблем – ГРМ приводиться ременем. Його особливість – ремінь не виходжує запропонованого виробником ресурсу в 180 тис. км, тому мотористи радять скоротити цей термін до 90 тис. км. В даному двигуні відзначений обрив заводських гофр випускної системи (застосовуються 2 од.).

З дизельних агрегатів надійніший двигун 1,9 л. У турбодизеля 2,0 л відзначені виходи з ладу паливних форсунок, втім, неякісні деталі виробник

змінює по гарантії.

Переважна більшість автомобілів, навіть версії Cross Touran, мають привід на передню вісь. Повнопривідні варіанти 4Motion з електронно-керованою муфтою Haldex відносяться до розряду екзотики.

Для Touran пропонувалися 6-ступінчасті МКП, з такою ж кількістю ступенів АКП Tiptronic (авто до 2005 р), 6 і 7-ступінчасті «роботи» DSG з двома зчепленнями і адаптивною програмою, здатної підлаштовуватися під стиль їзди і змінювати момент перемикання передач, а також має режим Sport.

Самим безпроблемним виявився Tiptronic. «Механіка» здатна завдати клопоту тільки при великих пробігах. Так, після 100 тис. км знос зведеного підшипника КП (проявляється підвищеною гучністю роботи), а у дизельних версій до 150 тис. км виходить з ладу двоваговий маховик (характерний стукіт при перемиканні передач).

Ненадійні і DSG – в них відзначені проблеми з ЕБУ, що проявляється ривками при перемиканнях. У 6-ступінчастх - як правило, при переході з 1-ї на 2-ю передачу, а в 7-ступеневу – ще й при включенні задньої. У кращому випадку на фірмовому СТО можна провести самоадаптації зчеплення шляхом перепрошивки ЕБУ, а якщо це не допоможе - доведеться міняти зносився пакет зчеплень.

Справна підвіска Touran в міру збита і забезпечує компактвенів практично легкову стійкість і слухняну керованість. Конструктивно ходова аналогічна соплатфірмових Golf V: попереду - McPherson, ззаду - «багаторичажка». На обох осях - стабілізатор поперечної стійкості.

На наших дорогах ходова зарекомендувала себе як довговічна. Так, в передній підвісці швидше за все (через 80 тис. км) зношуються задні сайлент-блоки передніх важелів, а стійки стабілізатора можуть протриматися близько 100 тис. км, передні сайлен-блоки - до 140 тис. км. Ресурс кульових опор - майже 200 тис. км.

У задній «багаторичажка» на 100 тис. км заміна втулки і стійки стабілізатора (змінюються окремо від нього) і відбійники задніх амортизаторів.

До 120-150 тис. км зношуються «гумки» задніх розвальний важелів (оригінальна запчастина в зборі – близько 3 грн/1000км). А решта сайлент-блоки задніх важелів здатні витримати пробіг близько 200 тис. км. Довго служать і колісні підшипники, але коли прийде час їх заміни, доведеться розщедритися – вони змінюються лише в зборі з маточинами (як фірмові, так і неоригінальні).

Рейкове рульове управління оснащувалося електропідсилювачем. Авто перших років випуску (2004-2006 рр.) відрізнялися недовговічним зачепленням рейки і електромотора (знос проявляється характерним стукотом). Пізніше вузол модернізували, ліквідувавши цю проблему. Наконечники рульових тяг здатні пробігти 100-150 тис. км, а самі тяги ще довше.

Характерне слабе місце всіх агрегатів FSI - відмова індивідуальних котушок запалювання (рис. 3.1). А двигунів об'ємом 1,4 і 1,6 л - ще і розтягнення ланцюга ГРМ, а також відмова гідронатяжителя.

Механічні коробки передач (МКП) потурбують тільки при великих пробігах - більше 100-150 тис. км (рис. 3.2).



Рис. 3.1. Відмова індивідуальних котушок запалювання



Рис. 3.2. Відмова МКП

Підтікання охолоджуючої рідини призводять до зменшення її об'єму і, як наслідок, зменшення загальної кількості теплоти, яку певний об'єм може відвести від двигуна, що, в свою чергу, призводить до його роботи у діапазоні температур, вищому за оптимальний, або повному перегріву. Перегрів двигуна призводить до збільшеної випаровуваності палива і, як наслідок, підвищеній витраті палива.

Дані несправності можна врахувати при математичному моделюванні шляхом пропорційного збільшення поліноміальних коефіцієнтів для визначення годинної витрати палива. В роботі [14] зазначено, що при збільшенні температури охолоджуючої рідини до  $100^{\circ}\text{C}$ , питома витрата палива збільшується на 6%.

До найбільш типових несправностей гальмівної системи відносяться несправності, пов'язані з системою подачі повітря, які ведуть до неповного розгальмовування, та заклинювання гальмівних механізмів.

Серед несправностей коліс найчастіше зустрічається зменшення тиску в шинах, що призводить до підвищення опору кочення. В роботах [6-10, 14, 23-24] зазначено, що зниження тиску в шинах призводить до збільшення витрати палива на 7%. В роботі [14] зазначено, що таке збільшення може сягати 15%. В той же час, в роботі стверджується, що при зміні швидкості в діапазоні від 10 до 50 км/год, коефіцієнт опору кочення для шин вантажних автомобілів, які використовуються в для автомобілів, збільшується в середньому в 1,2...1,4 рази. Зіставивши вищенаведені відомості, для математичного моделювання несправностей коліс доцільно припустити, що, у діапазоні найбільш характерних для автомобілів робочих швидкостей, величина коефіцієнт опору кочення буде збільшуватись на 40%.

### 3.2. Результати розрахунків дослідження

Прийнявши для розрахунків значення густини палива рівною  $825 \text{ кг/м}^3$ , отримаємо 34,07 л/100 км. Дане значення відповідає витраті палива нового автомобіля на даному маршруті (33,63 л/100 км) з відносною похибкою 1,29%.

Наступним етапом моделювання була імітація несправностей з урахуванням періоду експлуатації транспортного засобу та температури навколишнього середовища.

Для кожного випадку, описаного в таблиці 3.2, було визначено коригуючі коефіцієнти  $k_t$  та  $k_T$ . В математичну модель були внесені параметри, які імітували певну несправність (табл. 3.2). Далі, отримане значення витрати палива було помножене на  $k_t$  та  $k_T$ . Результати розрахунків наведені в таблиці 3.2.

Як видно з таблиці відносна похибка не перевищує 5%.

Таблиця 3.2.

Результати математичного моделювання впливу характерних  
несправностей на витрату палива

$T_e$ місяців	$t, ^\circ\text{C}$	$k_t$	$k_T$	Витрата палива		
				Розрахункова, л/100 км	Фактична, л/100 км	Відносна похибка, %
74	18,4	1,015	1,127	8,66	8,95	3,3
70	-6	1,034	1,126	9,29	9,32	0,3
71	1,7	1,009	1,127	9,65	9,9	2,5

За методикою [35], витрата палива залежить від швидкості автомобіля.

Загальний вигляд нормативного значення витрати палива:

$$Q = \frac{K_1}{V} + K_2 \cdot V^2, \quad (3.1)$$

де  $K_1$  та  $K_2$  – коефіцієнти;

$V$  – швидкість автомобіля, км/год.

Значення коефіцієнтів  $K_1$  та  $K_2$  були визначені наступним чином:

$$K_1 = \frac{A \cdot K_c \cdot V_{max} \cdot i_{КП} + B \cdot K_c^2 \cdot V_{max}^2 \cdot i_{КП}^2 + C \cdot G_a \cdot V_{max} \cdot 0,01}{\eta_{ДВЗ}}, \quad (3.2)$$

$$K_2 = \frac{0,077 \cdot C \cdot k_F}{\eta_{ДВЗ}}, \quad (3.3)$$

де  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – коефіцієнти, які залежать від конструкційних параметрів автомобіля та характеристик умов експлуатації;

$K_c$  – швидкісний коефіцієнт;

$V_{max}$  – максимальна швидкість автомобіля, км/год.;

$i_{КП}$  – передавальне число коробки передач, що відповідає найвищій передачі (за якої досягається максимальна швидкість);

$G_a$  – вага транспортного засобу, Н;

$\eta_{ДВЗ}$  – індикаторний ККД двигуна;

$k_F$  – фактор обтічності повітря,  $\text{H} \cdot \text{c}^2/\text{m}^2$ .

Ресурс машини (у км) за зношуванням циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна визначається [35] за формулою:

$$L_{\text{кр}} = \frac{F_{\text{ДВЗ}} \cdot V}{\gamma \cdot 60}, \quad (3.4.)$$

де  $F_{\text{ДВЗ}}$  – максимальне зношування у ЦПГ, мг;

$\gamma$  – швидкість зношування, мг/хв.

Максимальне зношування визначається за формулою:

$$F_{\text{ДВЗ}} = 0,523 \cdot 10^6 \cdot S_n \cdot D_n \cdot \rho_m \cdot X_m \cdot \delta_{\text{max}}, \quad (3.5.)$$

де  $S_n$  - хід поршня (відстань від НМТ до ВМТ), м;

$D_n$  - діаметр циліндра, м;

$\rho_m$  - щільність матеріалу, з якого вироблено поршень, г/см<sup>3</sup>;

$X_n$  - кількість циліндрів;

$\delta_{\text{max}}$  - максимальне зношування циліндра, мм.

Аналіз математичної моделі витрати палива і ресурсу легкового автомобіля наведено на рисунках.

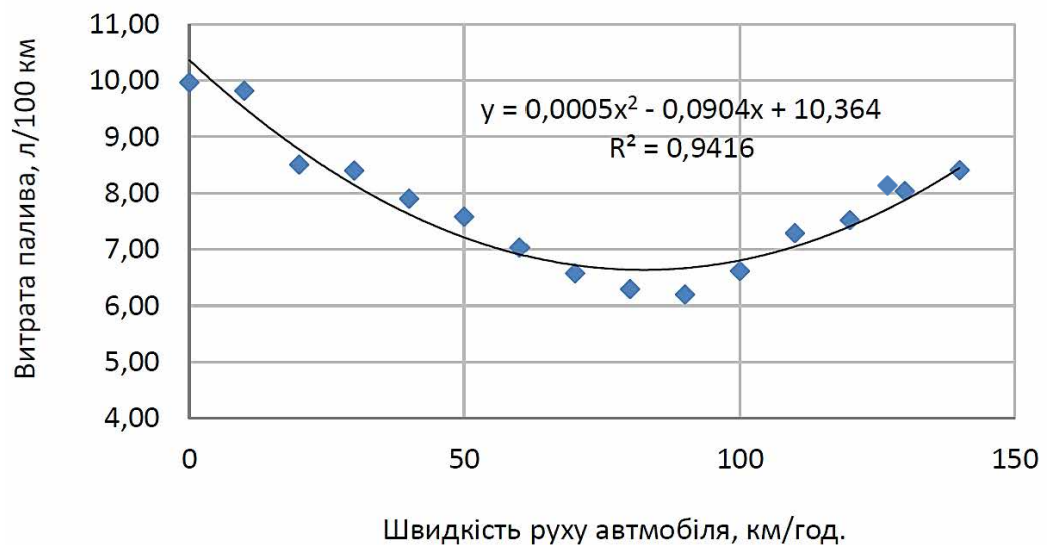


Рис. 3.3. Характер зміни витрати палива від швидкості руху автомобіля

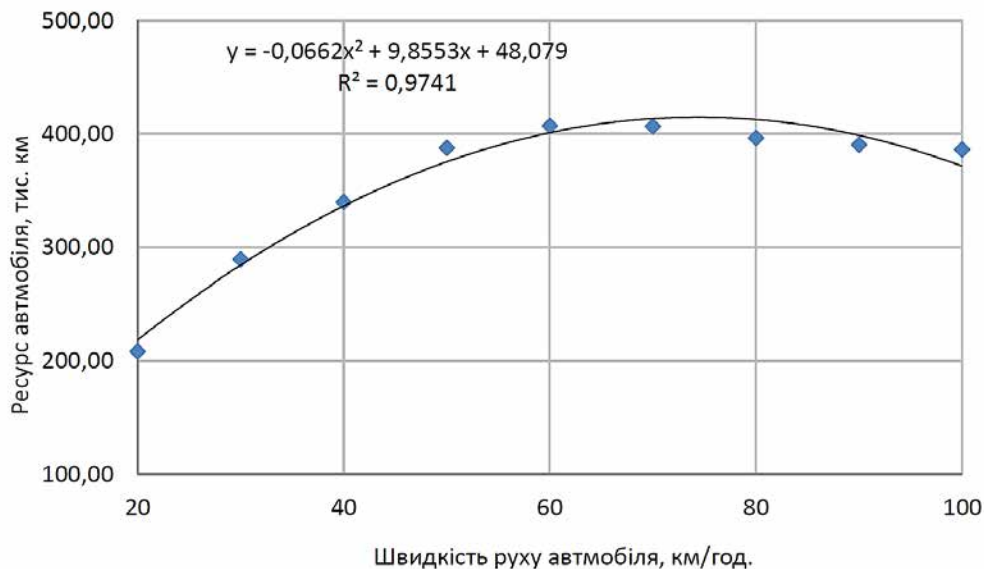


Рис. 3.4. Характер зміни ресурсу від швидкості руху автомобіля

### 3.3. Визначення базової лінійної витрати палива

Визначення базової лінійної витрати палива та її подальше коригування проводиться в декілька етапів.

1. За допомогою системи GPS визначається еталонний режим руху автомобіля за визначеним маршрутом.

2. За отриманими GPS даними, весь маршрут руху розбивається на ділянки з однаковими умовами руху (прямолінійна чи криволінійна з однаковим позовжнім ухилом).

3. За допомогою математичної моделі (п. 2) визначаємо базову лінійну витрату палива  $Q_{s0}$  на даному маршруті.

4. Фактична очікувана витрата палива автомобіля певного періоду експлуатації за певної температури навколишнього середовища буде визначатися як добуток лінійної витрати палива та коригуючих коефіцієнтів  $k_t$  та  $k_T$ :

$$Q_s = Q_{s0} \cdot k_t \cdot k_T, \quad (3.6)$$

Кількість палива, яку автомобіль витратить за зміну у літрах, буде визначатись за формулою:

$$Q_M = \frac{(Q_s \cdot S)}{100}, \quad (3.7)$$

де  $S$  - загальний пробіг за зміну, км.

На рисунку 3.5 представлено графік, який ілюструє динаміку зміни базової лінійної витрати палива від різних значень температури навколишнього середовища та терміну експлуатації.

Як видно з табл. 3.5, результати коригування базової лінійної витрати палива досить точно відповідають фактичним значенням, а відносна похибка не перевищує 5%. Значення витрати палива, отримане в результаті корегування будемо називати базовою витратою палива для заданого маршруту.

На рис. 3.6 представлений розмічений граф стану прецизійних деталей паливної апаратури. Паливна апаратура представлена у вигляді деякої системи, яка може знаходитися в одному з кількох станів:  $S_0$  - всі прецизійні деталі знаходяться в працездатному стані,  $S_1$  - відмова від розпилювача форсунки,  $S_0'$  - відбулася відмова плунжерної пари,  $S_0''$  - відбулася відмова нагнітального клапана,  $S_2$  - після відмови розпилювача відбулася відмова плунжерної пари,  $S_2'$  - після відмови розпилювача відбулася відмова нагнітального клапана.

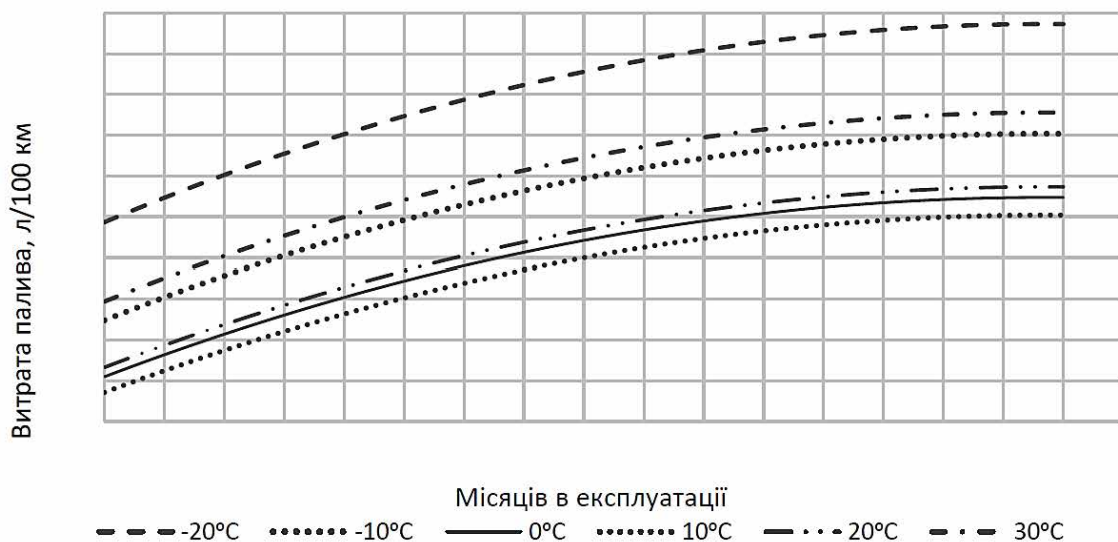


Рис. 3.5. Залежність базової лінійної витрати палива від температури навколишнього середовища та терміну експлуатації

Перехід системи з одного стану в інший відбувається під дією потоку відмов з інтенсивностями  $\lambda_p$  (інтенсивність потоку відмов розпилювачів

форсунок),  $\lambda_{\text{ПП}}$  (інтенсивність потоку відмов плунжерних пар),  $\lambda_{\text{НК}}$  (інтенсивність потоку відмов нагнітальних клапанів).

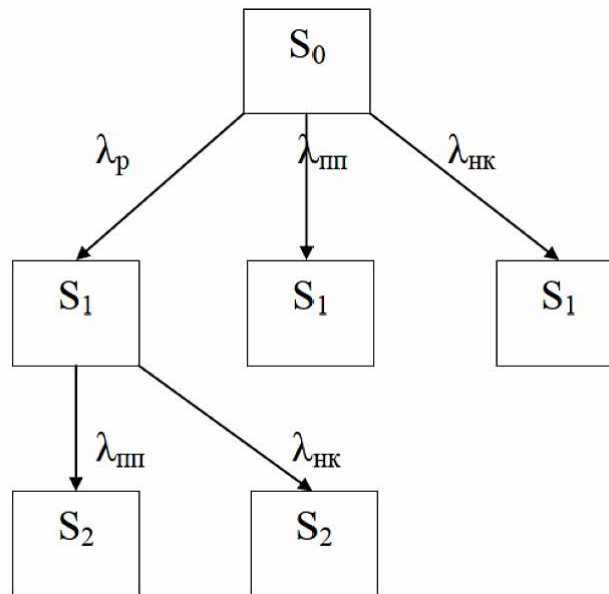


Рис. 3.6. Розмічений граф стану прецизійних деталей на прикладі паливної апаратури

### 3.4. Аналіз виявлення несправностей автомобілів, що впливають на витрату палива, в процесі експлуатації

Частина несправностей призводить до майже миттєвого збільшення витрати палива, а частина – до поступового.

Наприклад, заклинювання коліс призводить до майже миттєвого збільшення витрати палива оскільки викликане, як правило, неповним розгальмуванням. Це, в свою чергу, провокує виникнення додаткової сили тертя, яка чинить опір руху транспортного засобу і вимагає додаткових витрат палива на її подолання. В результаті дослідження, всі подібні несправності було виявлено за основним критерієм (коли контрольний показник виходить за межі контрольних ліній), що свідчить про те, що часткове заклинювання суттєво збільшує опір руху транспортного засобу. В окремих випадках збільшення витрати палива сягало до 16%.

Залежність тиску паливоподачі справної паливної апаратури, а також після імітації комплексної несправності ( $n_B=850\text{мин}^{-1}$ ,  $N_e=0,5$ ) представлена

рис. 3.7.

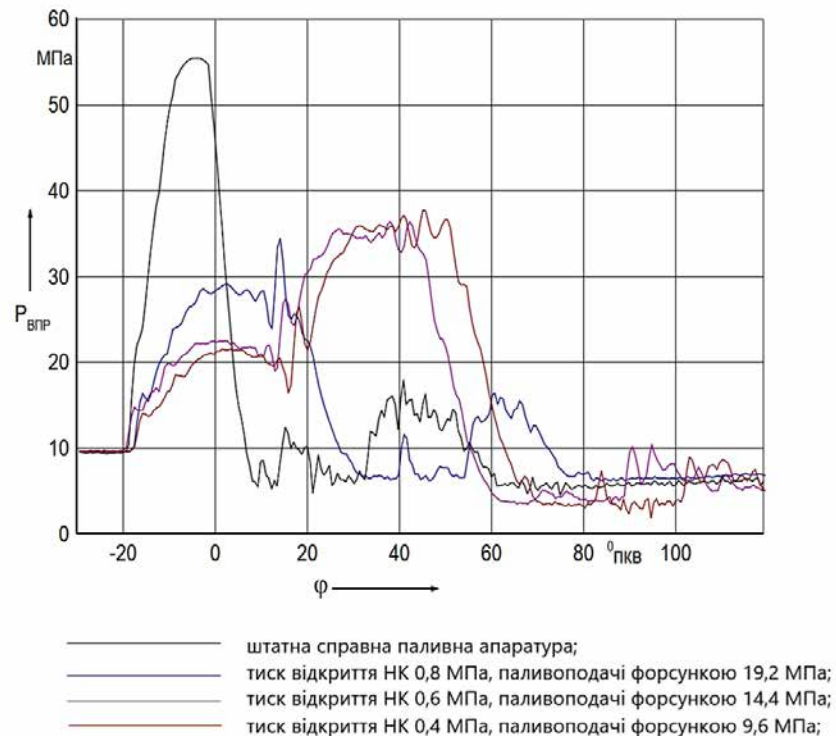


Рис. 3.7. Залежність тиску паливоподачі від кута повороту валика ПНВТ при несправностях форсунки та нагнітального клапана

Провівши попередній аналіз отриманих даних, можна зробити висновок, що ослаблення пружини нагнітального клапана і форсунки істотно впливає на роботу паливної апаратури. Характер зміни тиску паливоподачі – погіршення характеристик. Тиск паливопроводу високого тиску падає, а тривалість циклової подачі збільшується.

Ослаблення пружини форсунки погіршує параметри упорскування набагато сильніше, ніж ослаблення нагнітального пружини клапана.

При імітації комплексної несправності (рис. 3.7.) в залежності від того, що повністю порушується правильна робота паливної секції. Неприпустимо (до 45%) знижується тиск упорскування, а циклова подача розтягується за часом у 2-3,5 рази.

Аналіз даних графічних залежностей (рис. 3.8.) дозволяє зробити висновок, що в міру зношування плунжерних пар (як наслідок збільшення витоків палива) максимальний тиск паливоподачі знижується приблизно на 5% кожні 20 тис. км пробігу автомобіля, крім того максимальний тиск паливоподачі

зміщується у бік ВМТ на 20 п.к.в. кожні 20 тис. км. пробігу. Збільшується кількість палива що надходить у циліндри двигуна по спадаючій гілці, отже погіршуються параметри сумішоутворення. Все це в комплексі негативно позначиться на процесі сумішоутворення та організації робочого циклу двигуна та призведе до погіршення енергетичних та економічних показників його роботи.

Поєднані осцилограми тиску паливоподачі при ослабленні пружних елементів паливної апаратури на 20% та застосуванні нештатного палива при частоті обертання к.в.  $2000 \text{ хв}^{-1}$  представлені рис. 3.9.

З іншого боку, така несправність як зменшення тиску в шинах, призводить до поступового збільшення витрати палива і, за результатами дослідження була виявлена за додатковим критерієм (8 точок поспіль знаходяться з одного боку центральної лінії). Поступове зменшення тиску в шинах виникає внаслідок негерметичності самої шини або через несправності ніпеля і призводить до поступового збільшення коефіцієнту опору кочення, що відображається на витраті палива. В середньому, внаслідок зменшення тиску в шинах, було зафіксовано збільшення витрати палива до 8%.

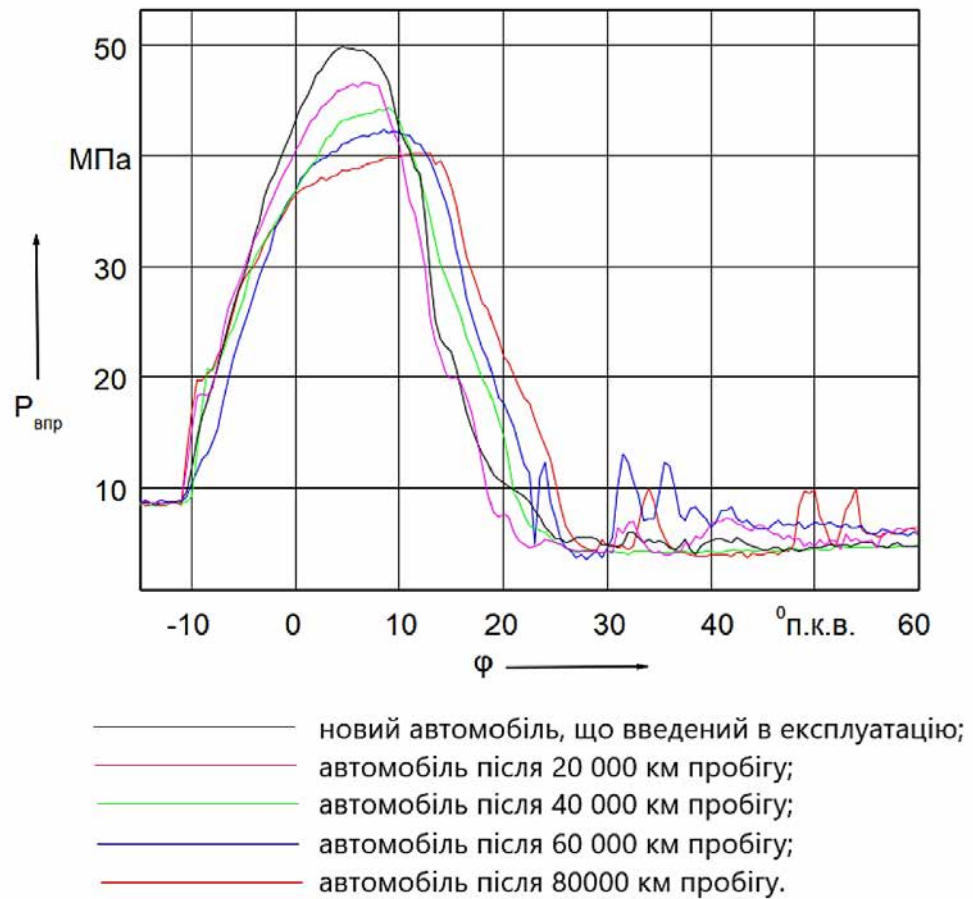


Рис. 3.8. Залежність тиску паливоподачі від пробігу автомобіля

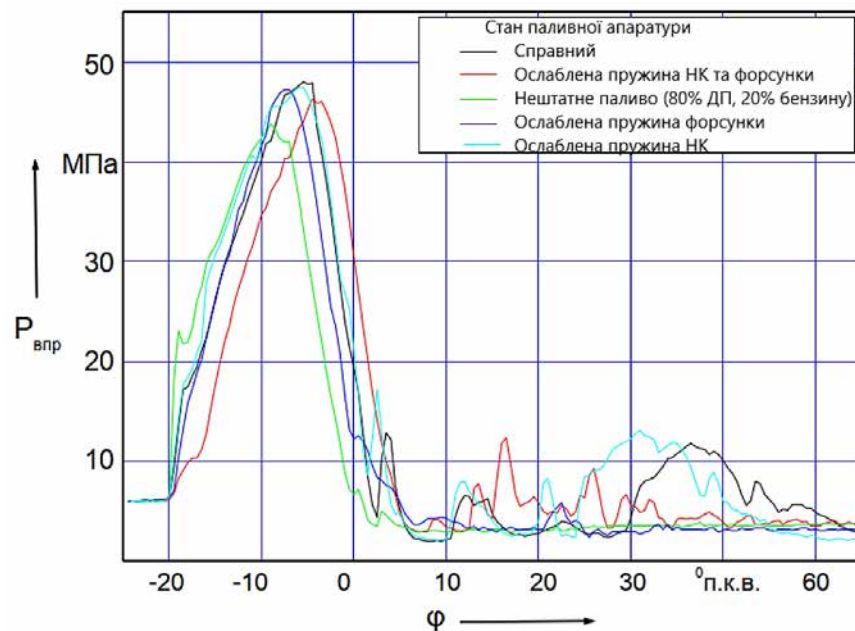


Рис. 3.9. Зміна тиску в паливопроводі при несправності паливної апаратури

Характерні несправності системи охолодження можна розділити на дві групи: раптовий вихід з ладу окремих її елементів та підтікання в системі. Так,

відмова насосу призводить до раптового збільшення витрати палива внаслідок різкого зменшення ефективності охолодження двигуна та підвищення діапазону його робочих температур, що веде до підвищеної випаровуваності палива та його перевитрати. В залежності від характеру несправності, спостерігається збільшення витрати палива 6...13%. Підтікання в системі охолодження призводить до збільшення витрати палива до 5% і в результаті дослідження не було виявлено статистичних сигналів, які б дозволили виявити несправності даного виду.

Втрата герметичності підвіски та гальм призводить до збільшення витрати палива в межах 5%.

Обриви ременя ГРМ супроводжувались різким збільшенням витрати палива на рівні 6...8%, яке трималося 3...6 днів до моменту настання відмови. Дане явище пояснюється тим, що матеріал долає границю тривкості, наступає гранична деформація (граничне значення розтягу), натяг ременя зменшується, виникають проковзування і як наслідок, перебої у фазах газорозподілу. В залежності від навантажень на двигун, ремінь в такому стані знаходиться певний час після чого настає розрив.

Найбільш очевидною несправністю, яка впливає на витрату палива є підтікання в системі живлення. Несправності такого виду характеризуються різким збільшенням витрати палива (до 30% в залежності від інтенсивності підтікання). Як правило, настають раптово.

Несправність зовнішніх світлових приборів, генератора, стартера, відсутність заряджання АКБ та живлення на споживачах панелі приладів не можливо було виявити за показником витрати палива, оскільки всі вони пов'язані зі зниженням навантаження на електричну мережу.

Найпоширенішими елементами кузова, у яких виникають несправності, є двері та багажник. Інколи зустрічаються тріщини скла (лобового або бокових вікон), несправності елементів салону та підлоги. Відмови такого виду не можливо виявити за показником витрати палива, оскільки вони виникають миттєво та не мають зв'язку з силами опору руху.

Також до відмов, які не вдалося визначити за допомогою показника витрати палива відносяться:

- люфт рульового керування, оскільки він характеризує сумарний зазор між елементами рульового керування і, як наслідок, впливає лише на кількість обертів рульового колеса, яку необхідно зробити для повороту, а не на сумарний опір коченню;
- підтікання гідравлічної рідини з підсилювача керма;
- підтікання в системі мащення, оскільки загальний об'єм оливи в двигуні досить великий і незначні підтікання не впливають на ефективність мастильного процесу в цілому;
- прогорання глушника, оскільки, по суті, дана несправність зменшує загальний гідравлічний опір системи, а отже, теоретично, призводить до незначного зменшення витрати палива, яку можна прийняти за статистичну похибку.

Несправності коробки передач, пов'язані з перемиканням передач, в більшості випадків можуть бути виявлені водієм в процесі експлуатації. Найбільш суттєвий вплив на витрату палива має відсутність можливості увімкнення третьої передачі, оскільки режим руху автомобіля такий, що більшу частину часу він курсує на I...III передачах. Якщо не вмикається 3-я передача, це означає, що ділянки, які б водій міг проїхати на ній, він змушений долати на 2-й передачі на підвищених обертах, що в свою чергу, призводить до збільшення витрати палива (до 8% за результатами дослідження).

Аналізуючи характеристику тиску паливоподачі на рис. 3.10, робимо висновок, що тиск упорскування знизилося на 46%, тобто майже вдвічі, а циклова подача збільшилася на 67%.

Таким чином, аналізуючи отримані моторні характеристики, можна дійти невтішного висновку у тому, що й ослаблення пружин НК і форсунки на 20% виводить дизель за межі доцільного використання за призначенням, то проводити випробування з плановим погіршенням стану ПАВТ немає сенсу, тому що очевидні подальші погіршення моторних показників.

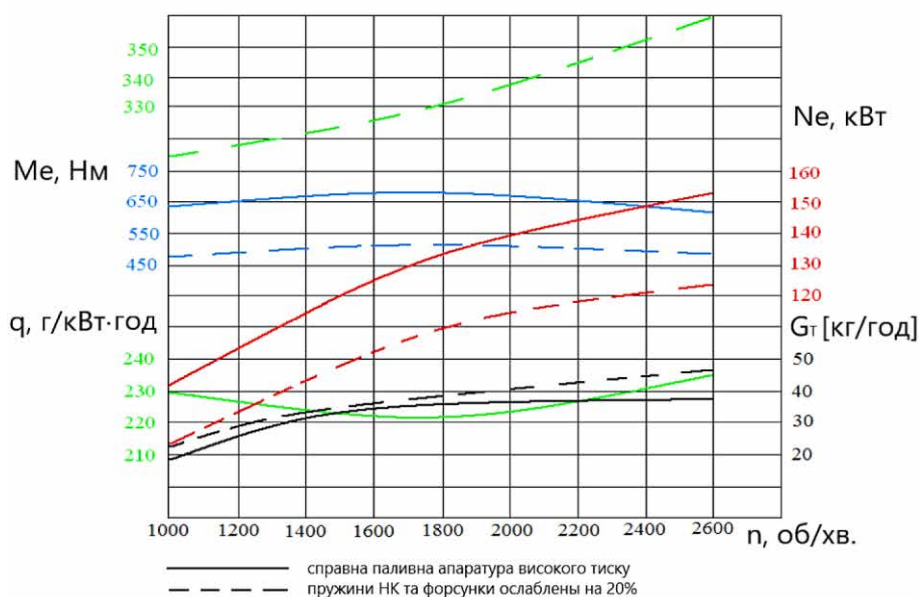


Рис. 3.10. Зовнішня швидкісна характеристика дизеля з ослабленими на 20% пружинами НК та форсунки

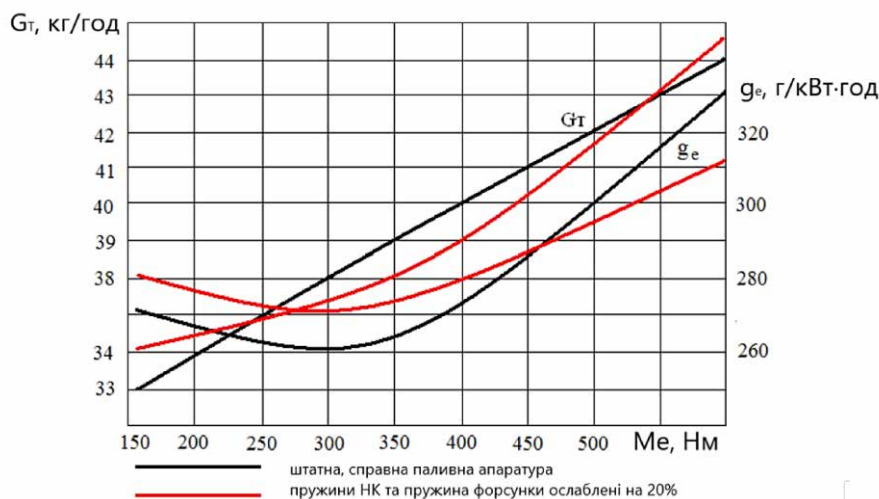


Рис. 3.11. Навантажувальна характеристика дизеля з ослабленими на 20% пружинами НК та форсунки.

Також очевидно, що вищеописаних результатів достатньо для того, щоб у реальній експлуатації своєчасно виявляти зниження характеристик тиску паливоподачі та не допускати виходу моторних показників за регламентовані межі. Крім цього, в перспективі, ґрунтуючись на статистичних даних, можна буде прогнозувати момент настання відмови того чи іншого елемента ПАВТ, але це питання не входило до межі даної роботи, потребує додаткового вивчення та є напрямом подальшого дослідження.

### 3.5. Рекомендації роботи

#### 3.5.1. Напрями реалізації даних дослідження.

Запропонована методика оцінки технічного стану автомобілів за показником витрати палива може бути використана для оцінки технічного стану легкових, вантажних автомобілів, які здійснюють міські, міжміські вантажні перевезення. Обов'язковою умовою ефективного її використання є обладнання рухомого складу датчиками рівня палива або диференціальними витратомірами та системою GPS.

На першому етапі впровадження необхідно сформувані вихідні данні для розрахунку базової лінійної витрати палива для певного маршруту руху, до яких належать:

- габаритні розміри транспортного засобу;
- масові показники транспортного засобу – повна маса, споряджена маса та маса пасажирів чи вантажу;
- передаточні числа коробки передач та головної передачі;
- геометричні параметри коліс – діаметр ободу, висота профілю; динамічний радіус та радіус кочення;
- зовнішня швидкісна характеристика двигуна;
- момент інерції маховика та коліс;
- GPS дані маршруту руху.

За наявності статистичного сигналу про відхилення у технічному стані, АТЗ направляється на діагностування. Під час діагностування, в першу чергу перевіряється наявність найбільш характерних несправностей. За результатами діагностування приймається рішення про необхідність направлення транспортного засобу в один з ремонтних підрозділів підприємства.

Оцінка технічного стану вантажних автомобілів, що здійснюють збірні перевезення в межах міста, здійснюється за тим самим принципом, що і автомобілів. Основним ускладненням в даному випадку є облік маршруту руху.

Найбільш ефективно використання запропонованої методики можливе за умови, що маршрут руху буде спланований заздалегідь і водій буде суворо його

дотримуватись. Також мають бути враховані зміни маси транспортного засобу, які виникають в наслідок відвантаження частини вантажу чи додаткового дозавантаження у відповідних пунктах. Виходячи з цього обмеження, найбільш раціональним використанням даної методики вбачається для оцінки технічного стану вантажних автомобілів, які здійснюють регулярну доставку між заздалегідь відомими пунктами навантаження/розвантаження, наприклад доставка продуктів і хлібних виробів в магазини чи будівельних матеріалів на будмайданчик.

Використання запропонованої методики з метою оцінки технічного стану автомобілів, що здійснюють адресні доставки до будинків населення, потребує урахування особливостей режиму руху по передбудинкових територіях, що суттєво ускладнює розрахунки базової лінійної витрати палива. Окрім цього, досить часто бувають випадки, коли такі доставки відмінюють чи переносять на інший час, що змушує водія міняти маршрут, а отже розрахункові значення можуть суттєво відрізнятись від фактичних, тому для таких видів вантажних перевезень використовувати запропоновану методику не доцільно.

Для міжміських вантажних перевезень характерними є значні добові пробіги (від 300 до 1000 км). Це означає, що статистичний сигнал про несправність може виникнути в момент, коли водій знаходиться в рейсі.

### **3.5.2. Обґрунтування використання взаємозв'язку коефіцієнтів зміни ресурсу та зміни витрати палива для автомобіля.**

Використання формули (3.4.) дозволяє переходити від методики нормування витрати палива [36] до методики коректування ресурсу транспортних машин. Для зручності введемо два коефіцієнти: зміни ресурсу ( $k_L$ ) та зміни витрати палива ( $k_Q$ ) відносно нормативного значення відповідного показника. Тобто:

$$k_L = \frac{L_k}{L_n}; \quad k_Q = \frac{Q_k}{Q_n}, \quad (3.8.)$$

де  $L_k$  і  $L_n$  - відповідно дійсне та нормативне значення пробігу автомобіля,

км;

$Q_k$  і  $Q_n$  - відповідно фактичне та нормативне значення витрати палива автомобіля, л/100 км.

На рис. 3.6 зображено графічний взаємозв'язок коефіцієнтів зміни ресурсу ( $k_L$ ) та зміни витрати палива ( $k_Q$ ) для автомобіля.

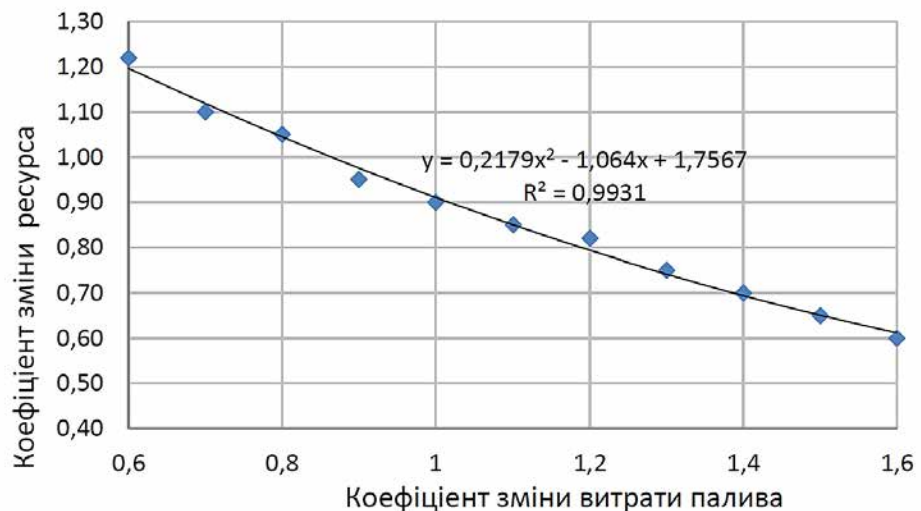


Рис. 3.6. Взаємозв'язок коефіцієнтів зміни витрати палива та ресурсу

Припустимо, що автомобіль рухається у наступних умовах: місто Київ, температура повітря  $-3^{\circ}\text{C}$ , загальний пробіг - 120 тис. км. Згідно методики [36] витрату палива можна збільшити до 20% (15% - за місто, 2% - за кліматичні умови та 3% - за технічний стан або вік). У цьому випадку коефіцієнт ресурсу становитиме 0,84 (рис. 3.6). Тоді, за нормативного ресурсу 500 тис. км, загальний ресурс автомобіля буде 352 тис. км. Періодичність технічного обслуговування пов'язана із тривалістю циклу вищого порядку. Пробіг між ТО-1 та ТО-2 потрібно змінювати пропорційно ресурсу. Згідно [36] для автомобіля встановлено наступну нормативну періодичність технічного обслуговування: ТО - 10000 км. Для розглянутого прикладу періодичність ТО зменшиться.

Аналітичні залежності не завжди зручно використовувати на практиці. Однак на основі математичної моделі можна розробити комп'ютерну програму, яка буде інтегрована у технологічний процес обробки шляхової документації та в автоматичному режимі буде розраховувати періодичність технічного

обслуговування та ресурс автомобіля з урахуванням умов експлуатації. Достовірність розрахунків за математичною моделлю може бути покращено за рахунок більш точного визначення значень емпіричних коефіцієнтів, наприклад, методом машинного навчання.

### **3.5.3. Використання автоматизованої системи підтримки водія у сфері обслуговування легкового автотранспорту.**

З проведеного аналізу функціональних можливостей бортових комп'ютерів різних класів, а також з наведених розробниками переліків контрольованих діагностичних параметрів та їх індикацій, що характеризують технічний стан автомобіля, можна укласти таке:

- виведення індикації проводиться у момент поточних миттєвих значень контрольованих діагностичних параметрів;

- при виконанні спрощених процедур, пов'язаних з оперативною діагностикою технічного стану автомобіля, виводиться індикація про несправність за фактом її виникнення, при цьому в обмежувальний режим переводиться функціонування програмної компоненти;

- використання «віртуальних датчиків», які надають комп'ютерній системі значення параметрів та ці параметри визначаються системою як «збійні», у багатьох випадках інтенсифікують процес виходу з ладу несправного вузла;

- індикація несправності вузла автомобіля, що виникла, сприяє тому, щоб водій прийняв рішення про можливість подальшої експлуатації автомобіля, однак така індикація і сама система не підтримує необхідної оперативності і практично виключає можливість запобігання виникненню несправності в певному випадку, що часто призводить до позапланового ремонту.

З аналізу номенклатури контрольованих та відображуваних параметрів технічного стану автомобіля можна зробити висновок, що бортові діагностичні комп'ютери лише відповідають загальноприйнятим теоретичним рекомендаціям, які пред'являються до мобільних діагностичних систем для автотранспорту. Причому такі системи діагностики обмежені лише функціями

контролю та індикації поточного стану вузлів та агрегатів, і тому такі системи можна віднести до контрольно-вимірювальних програмованих автоматів.

Водій, за певного режиму експлуатації автомобіля, запобігає його можливій несправності. Стандартні бортові системи діагностики показують водію, у кращому разі, поточний стан автомобіля, але не можуть попереджати про можливу несправність. Тобто. при побудові програмно-технічних систем діагностування автомобіля необхідно закласти ідеологію побудови інформаційної системи з урахуванням штучного інтелекту.

Застосування інтелектуальної автоматизованої системи, крім того, розширить функціональні можливості бортового комп'ютера автомобіля від діагностичних до підтримки прийняття рішень водієм щодо коригування подальших дій.

Дослідження причин аварійних ситуацій показало, що причиною відмови автомобіля є відсутність у водія оперативної інформації про стан вузлів та систем автомобіля. Але навіть якби така інформація була, то водієві все одно не зрозуміти, які дії він повинен зробити зараз: чи зупинитися і чекати евакуатор, чи продовжувати рух до найближчого пункту обслуговування. Отже, надання водієві оперативної інформації не лише про стан автомобіля, а й про тенденцію зміни цього стану (прогнозу) дозволяє вибрати оптимальний режим експлуатації автомобіля та знижує ймовірність незапланованого ремонту, а також знижується можливий ризик, який призведе до аварії під час експлуатації.

Аналіз призначення електронних систем управління сучасним автомобілем (бортова система управління режимом роботи двигуна, бортова навігаційна система, системи забезпечення безпеки, бортова система пожежогасіння та ін) показує, що бортова система автоматизованого прогнозування технічного стану автомобіля не дублює функції інших систем, а надає принципово нові можливості і може бути включена в склад системи автоматизованого управління експлуатацією автомобіля разом із підсистемами, що вже використовуються.

Нині існують бортові діагностичні комп'ютери, функції яких розширено

до виконання низки спрощених діагностичних процедур основних вузлів автомобіля у часі його експлуатації. Процедури діагностики, які проводяться такими комп'ютерами в реальному часі, не є вичерпними, оскільки зводяться до визначення належності діагностичного параметра контрольованого допустимого або недопустимого діапазону значень. Такі процедури спрямовані на визначення фактично наявних несправностей автомобіля.

Роль сервісного обслуговування, що забезпечує ефективне використання устаткування ТОіР є одним з основних компонентів, що дозволяють підтримувати марку підприємства і його продукції на високому рівні (рис. 3.7).

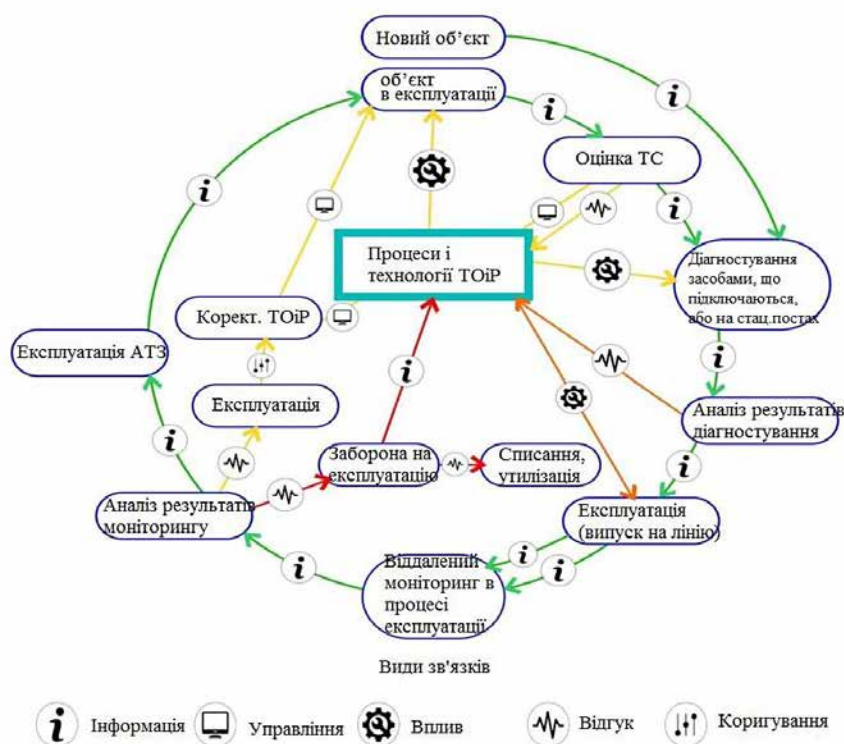


Рис. 3.7. Процеси ТО щодо забезпечення якості автомобілів

Набір інформаційних сервісів взаємодії автовласника та СТО, об'єднаний в єдину програмну реалізацію, дозволяє ефективно вирішувати два прикладні завдання:

- запис на технічне обслуговування та ремонт в автоматизованому режимі;
- автоматичне визначення ймовірних несправностей за непрямими ознаками, вказаними водієм, без участі працівників СТО.

Якщо правильно визначити безліч ймовірних несправностей, то в ряді

випадків можна запобігти виходу з ладу ключових і дорогих вузлів автомобіля у разі серйозної поломки, або спланувати відвідування СТО у разі некритичної несправності в зручний для автовласника час.

Потрібно направити такі інформаційні системи на підтримку прийняття водієм рішення про те, в яких режимах здійснювати подальше керування автомобілем певної марки та моделі: зупинитися та чекати на евакуатор, слідувати до найближчого пункту діагностики або СТО. Маючи таку інформацію, водій з високою ймовірністю зможе запобігти посиленню несправностей і можливу відмову, яка призведе до позапланового ремонту автомобіля.

Реалізувати таку інформаційну систему (телематичну підсистему) можна з експертної системи з інтелектуальної компонентою. Вона забезпечуватиме аналітичну та прогностичну обробку поточної інформації, що стосується як процесу функціонування автомобіля загалом, так і окремих його вузлів, та агрегатів, що призведе до автоматизації процесу підтримки користувача у сфері обслуговування приватного легкового автотранспорту.

### **Висновки за розділом 3**

1. Обґрунтовано вихідні дані для аналітичного дослідження взаємозв'язку між технічним станом та витратою палива автомобілів на математичній моделі з урахуванням особливостей маршруту експлуатації, температури навколишнього середовища та зміни технічного стану внаслідок нормальної експлуатації за призначенням.

## РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗА ПОКАЗНИКОМ ВИТРАТИ ПАЛИВА

Потенційний економічний ефект від впровадження методики оцінки технічного стану за показником витрати палива можна оцінити кількістю потенційно зекономленого палива внаслідок своєчасного виявлення технічної несправності, яка призводить до перевитрати.

Для розрахунку кількості потенційно зекономленого палива, з усього об'єму статистичних даних було визначено періоди, коли витрата палива відрізнялась від нормативної більше ніж на 5% у продовж більше ніж 2-х днів та визначена різниця між фактичною витратою та середніми значеннями в ці періоди. Загальна кількість потенційно зекономленого палива представляє собою суму значень за всі відповідні періоди.

В березні 2014 року літр бензину А-95 коштував 13 грн 7 коп., за літр дизеля потрібно було заплатити 12 грн 18 коп., а за автомобільний газ – 6 грн 56 коп [38]. За даними Мінфіну, в березні 2025 року літр бензину А-95 – 58 грн 80 коп., дизпалива – 55 грн. 80 коп., газ – 15 грн 41 коп. За 7 років бензин, дизель, газ подорожчали більш ніж удвічі.

Проаналізувавши статистичні дані за 2025 рік, було встановлено, що кількість потенційно зекономленого палива становить 532,23 літрів за рік. Якщо прийняти до уваги, що вартість дизельного палива в листопаді 2025 році становила 56,16 грн. (рис. 3.11.-3.12.), то вартісний еквівалент зазначеної потенційної економії становить:

$$E = 532,23 \cdot 56,16 = 29890,03 \text{ грн.}$$



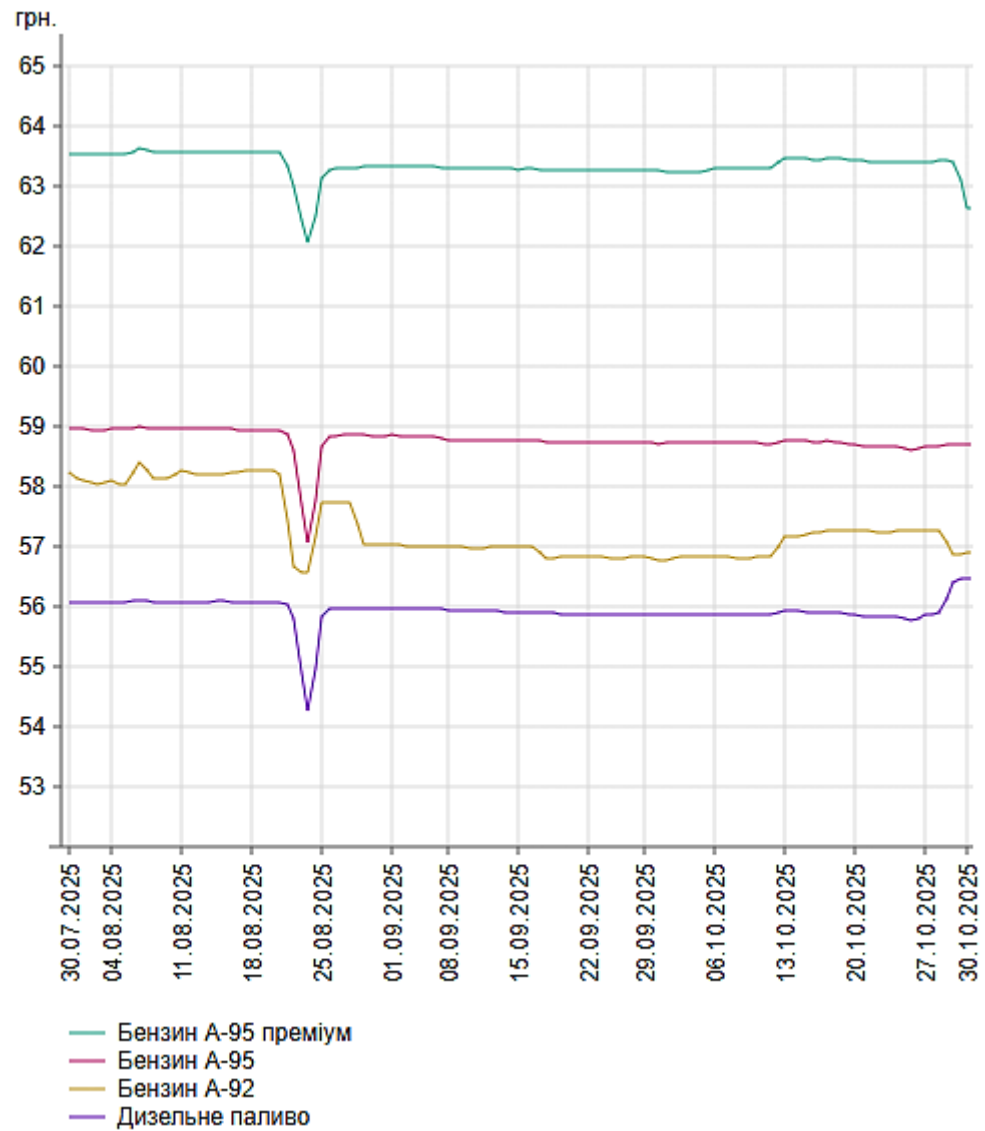


Рис. 4.2. Динаміка зміни цін на паливо з липня до жовтня 2025 рік в Україні

#### Висновки за розділом 4

2. Оцінено потенційний економічний ефект від використання запропонованої методики виявлення несправностей за показником витрати палива, вартісний еквівалент якого складає 29 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі магістра вирішувалася важлива мета – оцінка технічного стану автомобілів за показником витрати палива, що дозволяє попередити частину відмов, які супроводжуються перевитратою палива і, як наслідок, зменшити загально річну його витрату. У ході виконаної роботи отримані наступні основні результати:

1. В результаті теоретичних досліджень було встановлено, що показник витрати палива залежить до змін умов експлуатації, має прямий зв'язок з рядом несправностей та параметрів автомобілів і тому може бути використаний як критерій для оцінки технічного стану легкових автомобілів.

2. Проаналізовані дані про відмови основних складників легкових автомобілів Volkswagen та їх зв'язок з витратою палива. Встановлена чітка залежність витрати палива від терміну експлуатації автомобіля.

3. Використання підходу щодо оцінювання фактичної зміни технічного стану рухомого складу, можна скорегувати періодичність технічного обслуговування з урахуванням реальних умов експлуатації, що сприяє підвищенню експлуатаційної надійності автомобілів.

4. Оцінено потенційний економічний ефект від використання запропонованої методики виявлення несправностей за показником витрати палива, вартісний еквівалент якого складає біля 29 тис. грн. за рік.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Без двигуна немає руху, а отже немає автомобіля [Електронний ресурс]. - 2015. - URL:<http://samzan.ru/191260> (дата звернення: 03.06.2019)
2. Вихлопна енергія: не вилетить у трубу [Електронний ресурс]. - 2013. - URL:[https://www.f1-portal.ru/index.php?id\\_notes=2780](https://www.f1-portal.ru/index.php?id_notes=2780) (дата звернення: 03.06.2019)
3. Ліпман, Т. Гібридний електричний і газовий сектор технологічного інновації: hybrid і zero-емісія технологічних мереж / Т. Lipman, R. Hwang // Proceedings of the 2013 20th International Electric Vehicle Symposium and Exposition. - Long Beach, 2015. - 26 с.
4. Khateeb, S. (2014). Design i simulation of lithium-ion battery with phase change material thermal management system for electric scooter / S. Khateeb, M. Farid, J. Selman, S. Al-Hallaj // Journal of Power Sources. - 2014. - № 128. - С. 292-307.
5. Tesla Roadster [Електронний ресурс]. - URL:<https://www.tesla.com/roadster>(Дата звернення: 05.06.2019).
6. Суперконденсатори. Пристрій та застосування. Види та робота [Електронний ресурс]. - URL:<https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/обладнання/superkondensatory/>(Дата звернення: 07.06.2019).
7. Переваги транспорту суперконденсаторах [Електронний ресурс]. - URL:<https://www.ultracapacitor.ru/stati/superkondensatory> (Дата звернення: 07.06.2019).
8. Wouk, V. (2000). Hybrids є coming! / V. Wouk // Proceedings of the 2020 17th International Electric Vehicle Symposium. - Montreal, QC.
9. Електричний та гібридний автотранспорт. Аналітичний огляд [Електронний ресурс]. - 2014. - URL:<http://portal-energo.ru/articles/details/id/746/>(дата звернення: 15.06.2019)
10. Водневі технології та концепти BMW [Електронний ресурс]. - 2017. - URL:<https://avtonov.info/hydrogen-bmw>(дата звернення: 12.06.2019)
11. Пат. 6478705 United States МПК F 16 H 3/72 Hybrid electric

- powertrain, що включає два-моди електричні variable transmission / Holmes AG, Schmidt MR заявник і патентовласник General Motors Corporation. - Заявив. 19.01.21; опубл. 12.11.22 – 7 с.
12. Miller, JM Propulsion Systems для Hybrid Vehicles. - London: Technology & Engineering, 2014 - 455 с.
  13. Grujicic, M., Design and optimization of polymer electrolyte membrane (PEM) fuel cells / M. Grujicic, KMChittajallu // Applied Surface Science. - 2014. - № 227. - С. 56-72.
  14. Mawardi, A. Optimization of Operating Parameters of Proton Exchange Membrane Fuel Cell for Maximum Power Density / A. Mawardi, F. Yang, R. Pitchumani // Journal of Fuel Cell Science and Technology. - 2015. -№ 2. - С. 121-135.
  15. Wu, J. Toward the optimization of operating conditions for hydrogen polymer electrolyte fuel cells / J. Wu, Q. Liu, H. Fang // Journal of Power Sources. - 2016. - № 156. - С. 388-399.
  16. Wang, G. Adaptive Response Surface Method - Global Optimization Method Scheme for Approximation-based Design Problems / G. Wang, Z. Dong // Journal of Engineering Optimization. - 2021. - № 33. - С. 707-734.
  17. Xue, D. (1998). " Optimal fuel cell system design considering functional performance and production costs / D. Xue, Z. Dong // Journal of Power Sources. - 2018. - № 76. - 3. 69-80.
  18. Godat, J. Optimization of fuel cell system using process integration techniques / J. Godat, F. Marechal // Journal of Power Sources. -2016. - № 118. - С. 411-423.
  19. Frangopoulos, C. Розробка моделі для thermoeconomic design і функціонування optimization of PEM fuel cell system / C. Frangopoulos, L. Nakos // Energy. -2015. - № 31. - С. 1501-1519.
  20. Можливості використання спеціальних знань при розслідуванні дорожньо-транспортних пригод / Авт.-уклад. С. О. Шевцов. – Х.: СПД-ФО Чальцев О. В., 2015. 308 с.

21. Методи оцінки кінематичних і динамічних параметрів транспортних засобів під час зіткнення з урахуванням їх деформування і руйнування. Київський науково-дослідний інститут судових експертиз (КНДІСЕ). К.: КНДІСЕ, 2015. 64 с.
22. Рекомендації щодо використання в практичній діяльності та комплектування пересувної автотехнічної лабораторії (позитивний досвід роботи відділення автотехнічних експертиз та оцінювальної діяльності НДЕКЦ при УМВС України в Харківській області з організації огляду місць дорожньо-транспортних пригод). Київ: *Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України*, 2016. 32 с.
23. Дячук В. І. Оцінка слідчим висновку експерта-автотехніка як джерела доказів. *Право і Безпека*. 2014. № 1. С. 168-173.
24. Галак І. І. Особливості призначення та проведення технічної експертизи та її роль при розслідуванні ДТП. *Вісник Національного транспортного університету*. 2016. Вип. 26. С. 84-88.
25. Rotshtein A., Rebedailo V., Kashkanov A. Fuzzy Logic-based Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. *Fuzzy Systems & A.I. Reports and Letters*. 2017. 6(1-3), P. 53-64.
26. Rotshtein A., Kashkanov A. Fuzzy Expert System for Identification of Car Wheels Adhesion Factor with a Road Surface. *Proceeding of the 6-th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen, Germany, 2018*. p. 1735 - 1740.