

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності експлуатації автомобіля Volkswagen Touran
з дослідженням впливу технічного стану на витрату палива

Виконав: студент 6 курсу, групи МАМЗ-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Віталій ЛУЦЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Юрій БОБК

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«04» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Луціцькому Віталію Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності експлуатації автомобіля Volkswagen Touran з дослідженням впливу технічного стану на витрату палива

Керівник роботи Вовк Юрій Ярославович., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 04 » листопада 2024 року № 4/7-1057

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи

двигуна.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.
4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних
ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Установка для миття автомобіля знизу – 1А1. Стенд для перевірки стану
гальмівної системи автомобілей – 3А1. Аналіз впливу умов навколишнього
середовища на споживання палива автомобілем під час експлуатації – 1А1.

Аналіз впливу строку експлуатації автомобіля на показники споживання палива
під час його використання – 1А1. Результати впливу змін у циклі
використання автомобіля на споживання палива – 2А1.

Зона щоденного обслуговування – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 04.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	21.11.24р	
2	Технологічний розділ	28.11.24р	
3	Конструкторський розділ	03.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	12.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	19.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	29.12.24р	

Студент

(підпис)

Луціцький Віталій Валерійович

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Вовк Юрій Ярославович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Підвищення ефективності експлуатації автомобіля Volkswagen Touran з дослідженням впливу технічного стану на витрату палива».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім.. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра к.т.н. доц. Вовк Ю.Я.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 63 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 2 сторінок додатків.

Ключові слова: ефективність експлуатації, діагностика автомобіля, аналіз, оптимізація, ефективність.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Огляд реформ у глобальній автопромисловості: стратегії скорочення викидів CO ₂ та оптимізація споживання палива.....	8
1.2 Аналіз напрямів покращення паливної економічності автомобілів.....	13
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Покращення технічне обслуговування автомобіля.....	16
2.2 Оптимізація водіння.....	17
2.3 Використання технологій.....	18
2.4 Збереження маси автомобіля.....	19
2.5 Контроль тиску в шинах.....	20
2.6 Використання якісних паливно-мастильних матеріалів.....	21
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	23
3.1 Технічне завдання на розробку стенда.....	23
3.2 Технічна пропозиція щодо розробки стенда.....	24
3.3 Ключові вимоги до конструкції.....	26
3.4 Визначення ключових параметрів для стенду тягово-динамічних показників легкових автомобілів.....	28
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	36
4.1 Застосування підходу для апроксимації даних, отриманих в ході експериментів.....	36
4.2 Аналіз початкових даних для дослідження.....	37
4.3 Аналіз впливу умов навколишнього середовища на споживання палива автомобілем під час експлуатації.....	38
4.4 Аналіз впливу строку експлуатації автомобіля на показники споживання палива під час його використання.....	44
4.5 Дослідження впливу змін у циклі використання транспортного засобу на споживання палива.....	44
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	

	6
СИТУАЦІЯХ.....	53
5.1 Вимоги до оснащення дорожніх транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння.....	53
5.2 Підвищення захисних властивостей житла.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Зростання кількості автомобілів у світі створює як економічні переваги, так і екологічні виклики. Підвищення ефективності експлуатації транспортних засобів є однією з актуальних задач сучасної автомобільної галузі. Оптимізація витрати палива безпосередньо впливає на зниження експлуатаційних витрат, підвищення екологічності та зменшення викидів парникових газів. У цьому контексті дослідження технічного стану автомобіля як ключового чинника його економічності стає все більш важливим.

Volkswagen Touran, як популярний представник сегменту сімейних мінівенів, є об'єктом інтересу для дослідження впливу технічного стану на ефективність його експлуатації. Технічне обслуговування та діагностика цього автомобіля можуть суттєво впливати на витрату палива, забезпечуючи не лише зниження витрат на пальне, але й підвищення загальної надійності та комфорту експлуатації.

У сучасних умовах все більше уваги приділяється не лише конструкторським рішенням, а й експлуатаційним параметрам автомобілів. Серед них ключовим є технічний стан, який прямо впливає на такі показники, як витрата палива, динамічні характеристики та екологічність транспортного засобу. Вивчення цих аспектів є важливим завданням для оптимізації роботи автомобілів у різних умовах.

Дана кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності експлуатації автомобіля Volkswagen Touran шляхом аналізу та оптимізації його технічного стану. Метою дослідження є визначення залежності витрати палива від технічного стану окремих вузлів автомобіля, а також розробка практичних рекомендацій для покращення експлуатаційних характеристик. Основна увага приділяється діагностичним методам, що дозволяють оперативно виявляти проблеми, та впровадженню заходів, спрямованих на їх усунення.

Результати дослідження сприятимуть зниженню експлуатаційних витрат, покращенню паливної економічності та екологічної безпеки автомобілів цього класу, що має практичне значення для автовласників, сервісних центрів та виробників.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Огляд реформ у глобальній автопромисловості: стратегії скорочення викидів CO₂ та оптимізація споживання палива

Світова автомобільна галузь відіграє ключову роль у забезпеченні транспортних потреб суспільства, однак її вплив на довкілля залишається значним. Основними викликами є підвищення рівня викидів парникових газів, зокрема CO₂, та зростання споживання викопних палив. У відповідь на ці виклики уряди різних країн, міжнародні організації та автовиробники активно впроваджують нові технології та регулювання для зменшення негативного впливу автомобілів на екологію.

Стандарти викидів і регулювання

У контексті світових зусиль щодо зменшення впливу на клімат, уряди багатьох країн здійснюють значні кроки для регулювання рівня викидів CO₂, що є однією з головних причин глобального потепління. Встановлення жорстких норм є частиною міжнародних зобов'язань та внутрішньої політики сталого розвитку. [2]

Євро-6 - це норматив, який був прийнятий у Європейському Союзі для регулювання викидів шкідливих речовин автомобілями нового покоління. Введений у 2014 році, Євро-6 встановлює максимально допустимі рівні викидів для оксидів азоту (NO_x), вуглекислого газу (CO₂), вуглеводнів (HC), а також твердих часток. Ці стандарти вимагають від автовиробників використання передових технологій очищення вихлопних газів, таких як селективна каталітична нейтралізація для дизельних двигунів та удосконалені системи рециркуляції вихлопних газів.

Стандарти CAFÉ (Corporate Average Fuel Economy) у США були введені з метою покращення середньої паливної економічності автомобілів, які продаються на американському ринку. Вони не тільки спрямовані на зниження споживання палива, але й опосередковано впливають на скорочення викидів CO₂. Регулювання вимагає від автовиробників досягнення певного середнього

рівня економічності палива для їхнього виробничого портфоліо, що стимулює розробку ефективніших двигунів і нових технологічних рішень.

Впровадження цих стандартів значно змінює стратегію виробництва автомобілів. Автовиробники інвестують значні ресурси в дослідження і розробку нових технологій, щоб відповідати зростаючим вимогам до емісії і паливної ефективності. Такі інвестиції включають розвиток гібридних і повністю електричних моделей, поліпшення систем керування двигуном, впровадження легших матеріалів для зниження ваги автомобілів, а також удосконалення аеродинамічних характеристик транспортних засобів.

Ці стандарти викидів і регулювання відіграють важливу роль у зменшенні впливу автомобільної промисловості на довкілля, стимулюючи розробку та впровадження екологічно чистіших транспортних засобів.

Електрифікація транспорту стала однією з ключових стратегій у боротьбі із забрудненням довкілля та зниженням викидів CO₂, що спричинені традиційними транспортними засобами на основі викопного палива. Під електрифікацією транспортних засобів розуміють використання електромобілів (EV) та гібридних електричних транспортних засобів (HEV).

Електромобілі (EV) приводяться в рух електричними двигунами, які живляться від батарей, заряджених через зовнішнє джерело електроенергії. Вони викидають мінімальну кількість шкідливих речовин, а в багатьох випадках - зовсім не викидають CO₂, якщо електроенергія отримується з відновлюваних джерел. Інновації в області батарейних технологій, такі як літій-іонні батареї, сприяють підвищенню дальності пробігу на одному заряді та зниженню загальних експлуатаційних витрат.

Гібридні автомобілі комбінують традиційний двигун внутрішнього згоряння з електричним двигуном, що дозволяє зменшити споживання палива та викиди CO₂. Вони можуть автоматично перемикатися між двигунами або використовувати їх одночасно, залежно від умов експлуатації, що значно покращує паливну ефективність. Гібридні технології особливо ефективні в міських умовах, де часті зупинки та розгін спричиняють велике споживання палива.

Для підтримки зростаючої кількості електромобілів, істотно розширюється інфраструктура зарядних станцій. Завдяки державним та приватним інвестиціям по всьому світу активно встановлюються зарядні станції, які дозволяють заряджати автомобілі швидко та ефективно. Розробляються нові технології швидкої зарядки, що можуть значно скоротити час зарядки, роблячи електромобілі більш привабливими для споживачів.

Розширення мережі зарядних станцій також допомагає подолати один з головних бар'єрів для прийняття електромобілів - "тривогу щодо дальності пробігу", що відчувають водії, які побоюються, що автомобіль не зможе дістатися до пункту призначення або зарядної станції на одному заряді.

Таким чином, електрифікація транспорту не тільки сприяє зниженню викидів CO₂ та інших забруднюючих речовин, але й є важливою частиною глобальних зусиль по переходу до більш стійких та відновлюваних джерел енергії. [8] [9]

Зниження маси автомобіля є одним з ключових способів підвищення його енергетичної ефективності. Використання легших матеріалів, таких як алюміній, магній, титан і різноманітні композитні матеріали, дозволяє знизити загальну масу транспортного засобу. Наприклад, алюміній, який має приблизно втричі меншу щільність порівняно зі сталлю, активно використовується для виготовлення кузова, рами, двигуна та інших компонентів автомобіля. Таке використання не тільки зменшує вагу, але й покращує динамічні показники та знижує витрату палива.

Композитні матеріали, які часто включають вуглецеві або скловолокна, забезпечують ще більше зниження ваги при збереженні високої міцності. Вони зазвичай використовуються в спортивних автомобілях і моделях преміум-класу, але з часом їх застосування стає ширшим у зв'язку з оптимізацією виробничих витрат і розширенням технологічних можливостей.

Аеродинаміка є іншим важливим аспектом у дизайні сучасних автомобілів, спрямованим на зниження опору повітря. Ефективний аеродинамічний дизайн забезпечує більш легкий і плавний рух автомобіля через повітря, що прямо впливає на зменшення витрат палива. Розробники і інженери використовують різноманітні техніки, включаючи тестування в

аеродинамічних трубах та комп'ютерне моделювання, для оптимізації форми кузова, розміщення елементів та навіть текстури поверхні.

Наприклад, багато сучасні автомобілі мають складені бампери, інтегровані спойлери та обтічники, що сприяє зниженню турбулентності і опору при русі. Інновації також включають розробку активних аеродинамічних систем, які можуть автоматично налаштовувати елементи кузова залежно від швидкості руху для оптимального аеродинамічного опору.

Завдяки поєднанню легких матеріалів та передових аеродинамічних технологій сучасні автомобілі не тільки стають ефективнішими у плані витрати палива, але й забезпечують кращі динамічні показники та зниження впливу на довкілля.

Розвиток технологій двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) продовжує залишатися важливим напрямком в автомобільній промисловості, незважаючи на зростаючу популярність електромобілів. Сучасні інновації у цій області спрямовані на підвищення ефективності використання палива та зниження шкідливих викидів.

Турбонаддув є технологією, яка дозволяє збільшити потужність двигуна без збільшення його об'єму. Це досягається за рахунок використання енергії вихлопних газів для приведення в дію турбіни, яка нагнітає повітря у впускний колектор двигуна. Таке збільшення повітряно-паливної суміші сприяє більш повному її згорянню, тим самим підвищуючи потужність і зменшуючи витрати палива при тих же обсягах двигуна.

Пряме впорскування палива дозволяє домогтися вищої ефективності згоряння шляхом точного контролю кількості палива та моменту його впорскування безпосередньо в циліндри двигуна. Ця технологія не тільки покращує потужність двигуна, але й знижує витрати палива та емісію шкідливих речовин.

Система старт-стоп автоматично вимикає двигун, коли автомобіль зупиняється, наприклад, на світлофорі, та знову запускає його, коли потрібно рушити. Це зменшує загальний час роботи двигуна та споживання палива, що є особливо ефективним у міських умовах з частими зупинками. [14]

Технологія рекуперації енергії використовує енергію, яка зазвичай втрачається під час гальмування, для заряджання батареї або безпосередньо для забезпечення енергією електричних компонентів автомобіля. Це дозволяє ефективніше використовувати вироблену енергію та знижувати витрати палива.

Ці інновації значно підвищують економічність та екологічність сучасних автомобілів, сприяючи зниженню їх впливу на довкілля, а також забезпечуючи більш комфортні та економічні умови використання транспортних засобів.

Гібридні автомобілі використовують комбінацію двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) та одного або декількох електромоторів для оптимізації ефективності та зниження витрат палива. Головною перевагою гібридних систем є їх здатність зменшувати викиди шкідливих речовин і споживання палива, забезпечуючи при цьому високу потужність та динаміку руху, порівнянну з традиційними ДВЗ. Гібридні силові установки можуть працювати в режимі автоматичного перемикання між електродвигуном та ДВЗ, використовуючи електродвигун при низьких швидкостях або при русі в умовах міста, де часті зупинки і старту збільшують витрату палива.

Окрім гібридних технологій, активно розвиваються технології використання альтернативних видів палива, таких як водень та біопаливо.

Водневі технології використовують водень як джерело енергії, перетворюючи його в електроенергію за допомогою паливних елементів без викиду шкідливих речовин, окрім водяної пари. Водневі автомобілі здатні забезпечувати великі дистанції на одному заправленні, а заправка займає приблизно стільки ж часу, як і заправка традиційних автомобілів бензином чи дизелем.

Біопаливо - це вид палива, що виготовляється з органічних матеріалів, таких як рослини або відходи. Воно може використовуватися в традиційних ДВЗ, але зазвичай вимагає деяких модифікацій двигуна для оптимізації використання. Біопаливо вважається вуглецево-нейтральним, оскільки кількість вуглекислого газу, що виділяється під час його спалювання, приблизно дорівнює кількості CO₂, поглинутому рослинами під час їх росту.

1.2 Аналіз напрямів покращення паливної економічності автомобілів

Вплив тиску в автомобільній шині на знос протектора є одним із ключових факторів, що впливає на ефективність, безпеку та тривалість експлуатації шин. Відхилення від рекомендованого тиску негативно впливає на рівномірність зносу протектора, керованість автомобіля, витрату палива та навіть на навантаження на підвіску. Розглянемо основні аспекти:

Вплив тиску на знос протектора. Недостатній тиск у шинах призводить до надмірного зносу крайніх частин протектора (боковин). Збільшує площу контакту шини з дорогою, що підвищує опір кочення. Відбувається перегрівання шини через надмірне деформування, що сприяє розриву волокон і появі мікротріщин у каркасі. Погіршується зчеплення з дорогою, особливо на мокрих і слизьких покриттях. [6]

Надлишковий тиск у шинах викликає надмірний знос центральної частини протектора. Зменшується площа контакту з дорогою, що негативно впливає на зчеплення, особливо під час гальмування. Підвищується ризик проколів або розриву через зменшену амортизаційну здатність шини. Збільшується жорсткість руху, що може призводити до пошкоджень підвіски на нерівностях.

Основні наслідки експлуатації шин у поганому стані. Зношені шини погіршують зчеплення з дорогою, що підвищує ризик аквапланування під час дощу. Недостатній чи надлишковий тиск збільшує гальмівний шлях автомобіля. Недостатній тиск збільшує опір кочення, що вимагає більше енергії для руху. Надлишковий тиск зменшує контактну поверхню, змушуючи двигун працювати з більшою інтенсивністю через погіршення керованості. У разі поганого стану шин, наприклад, через деформації, мікротріщини чи неправильний монтаж, шини зношуються швидше та нерівномірно. Шини з неправильним тиском створюють додаткові навантаження на елементи підвіски, що прискорює їх зношення. Поганий стан шин може призвести до втрати керованості під час екстреного гальмування або проходження поворотів.

Оптимальний тиск у шинах є критично важливим для забезпечення рівномірного зносу протектора, безпеки руху та економії пального. Нехтування станом шин призводить до серйозних технічних і фінансових проблем, тому їхній моніторинг і своєчасна заміна мають бути пріоритетними для кожного водія.

Економічний режим швидкості - це оптимальний діапазон швидкостей автомобіля, за якого витрата пального є мінімальною при забезпеченні ефективного пересування. Цей режим є важливою складовою економічного водіння (eco-driving) і безпосередньо залежить від характеристик автомобіля, його двигуна, аеродинаміки, передачі, ваги та дорожніх умов.

Особливості економічного режиму швидкості. Діапазон швидкостей.

Для більшості легкових автомобілів економічний режим знаходиться в межах 50–90 км/год. На нижчих швидкостях опір повітря незначний, але перевитрата палива може зумовлюватися роботою двигуна на низьких передачах. На високих швидкостях (понад 100 км/год) різко зростає аеродинамічний опір, що збільшує витрату палива.

Оптимальні оберти двигуна. У режимі економічної швидкості двигун працює в діапазоні середніх обертів, що відповідає піковій паливній ефективності. Для бензинових двигунів це приблизно 2000–3000 об./хв, а для дизельних - 1500–2500 об./хв. [24]

1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Розробка комплексних рішень для покращення паливної економічності легкових автомобілів через технічне обслуговування, оптимізацію водіння, інноваційні технології, контроль та використання якісних паливно-мастильних матеріалів, зі збереженням загальної маси автомобіля.

Основні завдання:

Розробка методик покращення технічного обслуговування автомобілів з метою зниження споживання палива. Аналіз методів оптимізації водіння для зниження витрат палива. Дослідження та впровадження новітніх технологій, які

можуть покращити паливну економіку. Розробка рекомендацій по збереженню маси автомобіля для зниження витрат палива. Оцінка ефективності контролю тиску в шинах. Аналіз впливу використання якісних паливно-мастильних матеріалів на споживання палива.

Розробка технічного завдання на створення стенда для тестування тягово-динамічних якостей легкових автомобілів. Розробка та вдосконалення конструкції стенда. Визначення ключових параметрів і вимог до стенда.

Застосування методів апроксимації для аналізу даних, отриманих в ході експериментів. Детальний аналіз первинних даних для досліджень. Вивчення впливу умов навколишнього середовища та терміну експлуатації на споживання палива. Дослідження змін у циклі використання автомобілів та їх вплив на паливну економіку.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Покращення технічне обслуговування автомобіля

Технічне обслуговування автомобіля Volkswagen Touran є важливим аспектом забезпечення його надійної та ефективної роботи. Обслуговування має включати регулярні перевірки, заміни та інші процедури, що допомагають підтримувати автомобіль у належному стані. Ось зведена інформація щодо планового технічного обслуговування для Volkswagen Touran, з особливою увагою на сервісні інтервали та необхідні роботи. [1]

Планове технічне обслуговування

1. Перевірка та заміна моторного масла і масляного фільтра.

Частота кожні 15,000 км або раз на рік, в залежності від того, що настане раніше. Заміна масла допомагає забезпечити належну змащеність двигуна, знижуючи тертя і знос деталей. Рекомендації масла VW рекомендує використовувати синтетичне моторне масло, що відповідає специфікаціям VW 507 00 для дизельних двигунів або VW 504 00 для бензинових.

2. Перевірка гальмівної системи. Кожні 30,000 км або кожні два роки. Включає перевірку стану гальмівних дисків, колодок, шлангів і рідини. Заміна гальмівної рідини кожні два роки для запобігання корозії гальмівної системи.

3. Перевірка стану шин та коліс. При кожному сервісному візиті. Включає в себе перевірку тиску в шинах, стану протектора, а також балансування та розвал-сходження коліс за необхідності.

4. Перевірка та заміна повітряного фільтра кожні 30,000 км або кожні два роки. Забезпечує чистоту повітря, що надходить у двигун, що важливо для підтримання потужності двигуна і зниження споживання палива.

5. Система кондиціонування перевірка кожні два роки. Включає в себе перевірку рівня холодоагенту та стану компонентів системи, включаючи компресор та конденсатор.

Середня вартість обслуговування Volkswagen Touran може варіюватися в залежності від місця проведення обслуговування (офіційний дилерський центр vs незалежна СТО) та від країни. Ось приклад розрахунку вартості:

Масло і фільтр: від \$100 до \$200.

Гальмівна система перевірка та заміна рідини може коштувати від \$50 до \$100; заміна колодок і дисків від \$300 до \$600.

Шини ротація та балансування коліс від \$20 до \$50.

Повітряний фільтр від \$20 до \$50 за заміну.

Система кондиціонування від \$100 до \$200 за сервіс.

Зазначені вище ціни є орієнтовними і можуть змінюватися. Регулярне обслуговування не тільки зберігає автомобіль у хорошому стані, але й може запобігти більш дорогим ремонтам у майбутньому.

2.2 Оптимізація водіння

Оптимізація водіння автомобіля Volkswagen Touran може допомогти зменшити витрати палива, збільшити безпеку та покращити загальну ефективність транспортного засобу. Ось декілька ключових стратегій оптимізації водіння та приклади розрахунків можливої економії:

Економічне водіння передбачає кілька основних технік. [11]

Уникайте різких стартів. Рівномірне прискорення сприяє кращій економії палива. Обмеження максимальної швидкості: Водіння на швидкості нижче високої дозволяє значно знизити витрату палива. Наприклад, водіння на швидкості 90 км/год замість 120 км/год може знизити споживання палива на 20-30%. На трасах круїз-контроль допомагає утримувати сталу швидкість, що сприяє покращенню паливної економії.

Якщо ви зазвичай споживаєте 8 л/100 км при швидкості 120 км/год, зниження швидкості до 90 км/год може знизити споживання до 6 л/100 км. При щорічному пробігу в 20,000 км, економія складе близько 400 літрів палива. За середньою ціною палива 50 грн/літр, економія становитиме близько 20,000 грн на рік.

Мінімізація зупинок та простоїв: Використання GPS або мобільних додатків для планування маршрутів допоможе уникнути заторів і частого зупинання, що покращує паливну ефективність. Об'єднання поїздок: Сплануйте

кілька справ в одну поїздку, щоб мінімізувати загальну кількість поїздок і відстань.

Багато сучасних автомобілів, включно з деякими моделями Touran, оснащені режимом Eco, який оптимізує роботу двигуна та інших систем для максимальної економії палива. [17]

Навіть невеликі зміни у стилі водіння можуть привести до значних економій палива та грошей.

2.3 Використання технологій

Технологічні доповнення, такі як система Start/Stop та оновлення програмного забезпечення ECU (електронного блоку управління), можуть істотно покращити паливну економічність та загальну продуктивність автомобіля Volkswagen Touran. Ось детальний опис цих технологій та приклади розрахунків можливої економії:

Система Start/Stop автоматично вимикає двигун автомобіля, коли транспортний засіб зупиняється, наприклад, на світлофорі чи у заторах, і автоматично запускає двигун, коли потрібно знову рушити. Ця система знижує час простою двигуна, зменшуючи споживання палива та викиди CO₂.

Розрахунок. Залежно від умов їзди, система Start/Stop може знизити споживання палива на 3-10%. У міських умовах, де часті зупинки є типовими, економія може бути більш вираженою.

Якщо автомобіль споживає в середньому 8 літрів на 100 км і проходить 15000 км на рік, встановлення системи Start/Stop може знизити споживання на 5%, що становить економію близько 60 літрів палива на рік. За ціною палива 30 грн/літр це означає економію близько 1800 грн на рік.

Оновлення програмного забезпечення електронного блоку управління (ECU) може оптимізувати роботу двигуна, зокрема керування паливним впорскуванням, запалюванням та іншими функціями, для покращення ефективності використання палива. [20]

Розрахунок. Залежно від конкретного оновлення, оптимізація ECU може підвищити економію палива до 2-5%.

За тими ж умовами споживання (8 літрів на 100 км, 15000 км на рік), покращення на 3% у ефективності спалювання може знизити річне споживання палива на 36 літрів, або економію близько 1080 грн за рік.

2.4 Збереження маси автомобіля

Мінімізація навантаження у вашому Volkswagen Touran може мати істотний вплив на паливну ефективність. Вага автомобіля безпосередньо впливає на кількість енергії, необхідної для його руху, тому зменшення непотрібного вантажу може допомогти знизити витрати палива.

За даними Агентства з охорони навколишнього середовища, додавання 45 кілограмів ваги може знизити паливну економічність автомобіля на 1-2%. Це означає, що навіть невелике збільшення ваги може мати значний вплив на споживання палива, особливо в умовах міського циклу з численними зупинками та стартами.

Розрахунки. Давайме розглянемо приклад.

Початкові дані:

Середнє споживання палива Volkswagen Touran: 7 л/100 км.

Щорічний пробіг: 15,000 км.

Вартість палива: 30 грн/літр.

Додаткова вага: 45 кг.

Розрахунок впливу додаткової ваги.

Без додаткової ваги. [15]

Річне споживання палива

$$15000\text{км} \div 100\text{км} \times 7\text{л} = 1050\text{л}$$

Річна вартість палива

$$1050\text{ л} \times 30\text{ грн/л} = 31500\text{ грн}$$

З додатковою вагою (зниження ефективності на 2%):

Нове споживання палива

$$7\text{ л} \times 1.02 = 7.14\text{ л/100 км}$$

Річне споживання палива з вагою

$$15\,000\text{ км} \div 100\text{ км} \times 7.14\text{ л} = 1071\text{ л}$$

Річна вартість палива з вагою

$$1071 \text{ л} \times 50 \text{ грн/л} = 53550 \text{ грн}$$

Різниця у вартості палива

$$53550 \text{ грн} - 52500 \text{ грн} = 1050 \text{ грн}$$

За рік ви можете зекономити 630 грн, просто зменшивши вагу вашого автомобіля на 45 кг. Це підкреслює значення регулярного перегляду та очищення багажного відділення від непотрібних речей.

2.5 Контроль тиску в шинах

Правильний тиск в шинах є критично важливим для безпеки, довговічності шин, а також для паливної економічності вашого Volkswagen Touran. Недостатній або надмірний тиск у шинах може призвести до нерівномірного зносу, зниження управління автомобілем та збільшення споживання палива.

Недостатній тиск у шинах збільшує опір коченню, що означає, що двигун має працювати сильніше, щоб перемістити автомобіль, збільшуючи споживання палива. За даними, підтримання правильного тиску в шинах може покращити вашу паливну економію на 0.6%–3%.

Розрахунки економії. Припустимо, що ваш Volkswagen Touran споживає в середньому 7 літрів на 100 км при правильному тиску в шинах.

Без оптимізації тиску в шинах. Недостатній тиск може збільшити споживання палива на 3%. Це збільшує споживання палива до приблизно 7.21 л/100 км.

Розрахунок вартості.

При щорічному пробігу 15 000 км, збільшення споживання палива становить

$$15\,000 \text{ км} \div 100 \text{ км} \times 7.21 \text{ л} = 1081.5 \text{ л}$$

При ціні палива 50 грн/літр, це становить

$$1081.5 \text{ л} \times 50 \text{ грн/л} = 54075 \text{ грн}$$

З правильним тиском у шинах:

Загальне споживання палива за рік:

$$15\,000\text{ км} \div 100\text{ км} \times 7\text{ л} = 1050\text{ л}$$

Вартість палива:

$$1050\text{ л} \times 30\text{ грн/л} = 52500\text{ грн}$$

Економія:

$$54075\text{ грн} - 52500\text{ грн} = 1575\text{ грн}$$

Перевірте тиск регулярно. Рекомендується перевіряти тиск в шинах щонайменше один раз на місяць і перед довгими поїздками.

Використовуйте точний манометр. Недостовірні манометри на заправних станціях можуть давати неточні показання.

Перевіряйте тиск при "холодних" шинах: Найкращий час для перевірки тиску – це коли шини "холодні", тобто автомобіль не використовувався мінімум 3 години. [12]

Рекомендований тиск для вашого Touran можна знайти у керівництві користувача або на наклейці у дверному проємі водійських дверей.

Правильний тиск у шинах не тільки покращить паливну ефективність, але й збільшить безпеку на дорозі та зменшить швидкість зносу шин.

2.6 Використання якісних паливно-мастильних матеріалів

Мастильні матеріали використовуються для двигуна та інших механічних частин автомобіля, а не для шин. Однак, я можу надати інформацію про важливість використання якісних паливно-мастильних матеріалів для двигуна та якісних шин на автомобіль Volkswagen Touran, а також їх вплив на паливну ефективність та безпеку.

Якісні мастильні матеріали для двигуна.

Підвищення паливної ефективності.

Синтетичні мастила забезпечують краще змащення при низьких та високих температурах, зменшуючи внутрішнє тертя у двигуні. Це може покращити паливну ефективність на 1-5%, залежно від умов експлуатації та стану двигуна.

Якісні мастильні матеріали можуть допомогти знизити знос і корозію компонентів двигуна, що приводить до довшого терміну служби і зниження витрат на ремонт. [19]

Шини з оптимізованим опором коченню можуть покращити паливну ефективність на 3-4%. Вибір шин з низьким опором коченню є критично важливим для зниження витрат палива.

Якісні шини забезпечують краще зчеплення з дорогою, знижуючи гальмівний шлях і покращуючи управління, особливо в непростих погодних умовах.

Розрахунки економії. Volkswagen Touran має середнє споживання палива 7 літрів на 100 км, і ви їдете 20,000 км на рік.

Без використання оптимізованих технологій річне споживання палива:

$$20\,000\text{ км} \times 7\text{ л/100 км} = 1\,400\text{ л}$$

Вартість палива (за ціною 50 грн/літр) :

$$1\,400\text{ л} \times 50\text{ грн/л} = 70\,000\text{ грн}$$

З покращенням паливної ефективності на 4% завдяки якісним шинам і мастилам:

Нове споживання палива:

$$7\text{ л} \times 0.96 = 6.72\text{ л/100 км}$$

Річне споживання палива:

$$20,000\text{ км} \times 6.72\text{ л/100 км} = 1\,344\text{ л}$$

Вартість палива:

$$1\,344\text{ л} \times 50\text{ грн/л} = 67\,200\text{ грн}$$

Економія:

$$70\,000\text{ грн} - 67\,200\text{ грн} = 2\,800\text{ грн на рік}$$

Ці розрахунки демонструють, як інвестиції у якісні мастильні матеріали та шини можуть призвести до значних економій у витратах на паливо, а також забезпечити більш безпечне та комфортне водіння.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічне завдання на розробку стенда

У рамках виконання магістерської роботи планується створення стенду для оцінки тягово-динамічних властивостей легкових авто. Запропонований стенд базується на аналізі існуючих рішень у цій сфері, включаючи промислові і патентовані аналоги. Він призначений для тестування легкових автомобілів за різними тяговими режимами. [16]

Структура цього стенду розроблена для проведення тестів на автомобілях з однією ведучою оссю. Стенд дозволить проводити тестування у двох основних режимах:

Режим оцінки тягово-динамічних параметрів, де проводиться прискорення транспортного засобу;

Режим вільного вибігу, де відтворюється вільне кочення автомобіля на барабанах, імітуючи рух без тягового навантаження.

У якості елемента, що навантажує, планується застосування гідродинамічного гальма. В ньому навантаження створюється шляхом перемішування рідини між спеціальними реактивними пластинами. Деталі щодо типу пластин та методу заповнення корпусу барабана повинні бути прописані в технічному проекті.

Під час проектування стенду особлива увага повинна бути приділена таким технічним характеристикам:

Максимальні габаритні розміри: 2000 x 3500 x 1500 мм;

Максимальна маса конструкції: 5500 кг;

Максимальне навантаження на ось: до 2,0 тонн.

Консоль управління стендом необхідно встановити на висоті між 900 та 1000 мм від поверхні підлоги, при цьому сила натискання на ручку управління має не перевищувати 100 Н, а на кнопки – 15 Н. Керувальні елементи мають бути легкодоступними для оператора без потреби зміщувати тіло. Позиція оператора під час роботи – стоячи. Для забезпечення кращого захоплення ручки управління та приводу повинні мати гумові накладки, що запобігають ковзанню

рук під час експлуатації. Для моніторингу процесів слід застосувати цифрові датчики, які є найбільш ефективними для отримання точних даних. Усі кнопки управління виготовлені з чорного пластика, а кнопка для екстреного зупинення приводу – з червоного пластика та великого розміру порівняно з іншими керувальними кнопками. Всі кнопки та важелі планується інтегрувати в одну панель управління для зручності користування. [5]

Конструкція механізму повинна відповідати принципам технічної естетики та віддзеркалювати його функціональність. Рекомендується округляти гострі краї для безпечнішої експлуатації, а основні частини механізму фарбувати у чорний колір, залишаючи барабани без фарбування. Зовнішні поверхні, що покривають вузли та механізми, мають бути пофарбовані у чорний колір із жовтими смугами для кращої візуалізації. Необхідно уникати виступів частин за межі стенда, окрім випадків, коли це виправдано їхньою функціональною роллю. Загальна форма продукту повинна бути обумовлена логікою розташування компонентів, забезпечуючи їх гармонійне співіснування в одному цілому.

Для забезпечення надійної та високоефективної роботи обладнання необхідно виконувати його технічне обслуговування кожні три місяці. Елементи конструкції мають бути адаптовані для швидкого монтажу та демонтажу в процесі заміни компонентів або під час транспортування. Захист основних металевих поверхонь від корозії забезпечується застосуванням фарб, стійких до вологи та масла. Всі обертові деталі повинні бути ретельно змащені та захищені від забруднення пилом і брудом. Продукт доставляється у розібраному стані для оптимізації логістики.

3.2 Технічна пропозиція щодо розробки стенда

В рамках випускної кваліфікаційної роботи передбачається створення стенду для оцінювання тягово-динамічних показників легкових автомобілів. Дане обладнання класифікується як діагностичне і призначене для використання на підприємствах автотранспортної та авторемонтної галузей. Проект розробляється з метою оптимізації часових витрат на ключові

діагностичні процедури, пов'язані з перевіркою стану двигуна та трансмісії, а також для підвищення точності діагностування до рівня сучасних технічних вимог.

Наразі внутрішні сторони подібної техніки не в змозі повною мірою задовольнити вимоги, які ставляться до сучасного діагностичного обладнання. Хоча іноземні аналоги та пропозиції перевершують вітчизняні за технічними характеристиками, їх застосування часто обмежене через високу складність обслуговування та значні фінансові вкладення, що їх потребують. Виходячи з міжнародного досвіду, необхідно розробити нове обладнання, яке не тільки якісно відрізнятиметься від існуючих моделей, але й буде більш доступним у виробництві та експлуатації. [10]

Реалізація запропонованого стенду планується як для потреб новозбудованого підприємства, так і для використання на сервісних станціях, що спеціалізуються на ремонті та обслуговуванні автомобілів.

Проект розробки стенду базується на аналізі наявних промислових аналогів та вибраному технічному рішенні, спрямованому на оптимізацію конструкції. Як еталон для майбутньої конструкції обрано кілька існуючих моделей обладнання для аналізу тягових характеристик, серед яких стенд LPS-3000 виробництва компанії МАНА, Німеччина (рисунок 3.1).

Детальний огляд додаткового обладнання, що використовується у стендах, дозволить глибше зануритися в аспекти проектування та виробництва стендів для перевірки тягово-динамічних властивостей. Це також відкриє можливість для застосування новітніх технічних рішень, які раніше не були використані у подібних проектах.

Цей стенд розроблено з метою детальної діагностики автотранспортних засобів за параметрами тяги, швидкості та екологічності. Стенд діагностики тягово-швидкісних характеристик автотранспорту серії МАНА LPS 3000. Технічні характеристики стенду МАНА LPS3000 наступні:

- максимальна частота обертання двигуна досягає 11000 об/хв;
- максимально можлива швидкість автомобіля становить 260 км/год;
- мінімальний діаметр колеса – 12 дюймів;

максимальне навантаження на ось може бути 2500 кг;

максимальна потужність, що вимірюється, складає 400 к.с. (290 кВт);

максимальний момент вимірювання становить 800 Нм.



Рис. 3.1. Стенд LPS-3000 для аналізу тягових властивостей.

3.3 Ключові вимоги до конструкції

Цей стенд дозволяє точно визначати ефективність роботи гальмівної системи, а також аналізувати зміни у відгуках гальм при збільшенні або зменшенні навантаження на автомобіль. Додатково обладнання оснащене засобами для діагностики стану підвіски та стійкості автомобіля під час різких маневрів і гальмувань, що критично важливо для оцінки безпеки експлуатації. Це дає можливість не тільки вимірювати базові параметри, але й комплексно оцінювати роботу автомобіля в умовах, максимально наближених до реальних дорожніх ситуацій. [22]

Програмне забезпечення також включає функції для порівняльного аналізу поточних показників з базовими даними, що дозволяє виявляти відхилення від норми та діагностувати потенційні проблеми в роботі

автомобіля. Це особливо важливо для оцінки стану автомобіля перед довгими поїздками або після інцидентів, що могли вплинути на його технічний стан. Крім того, система збирає історичні дані про вимірювання, створюючи комплексну базу даних, яка може бути використана для аналізу трендів розвитку механічних характеристик та ефективності обслуговування транспортних засобів.

Також стенд обладнаний інтерфейсом користувача, який є інтуїтивно зрозумілим і дозволяє операторам легко налаштовувати параметри випробувань і вводити необхідні дані для специфічних тестів. Вся система захищена від несанкціонованого доступу, забезпечуючи конфіденційність зібраних даних.

Ці характеристики роблять стенд незамінним інструментом у галузі автомобільних тестувань, забезпечуючи точність, надійність та ефективність діагностичних процесів.

Основною характеристикою стенду є його здатність імітувати розгін автомобіля під різними навантаженнями, що досягається завдяки інтеграції гідравлічного навантажувального пристрою. Цей пристрій дозволяє налаштувати різні режими навантаження, відтворюючи умови реальної дороги, включаючи підйоми, спуски та рівнинні ділянки, що є критично важливим для тестування гальмівних систем та оцінки загальної проїзної здатності транспортного засобу. Це робить стенд ідеальним інструментом для розробників автомобілів та сервісних центрів, які прагнуть підвищити безпеку та ефективність транспортних засобів перед їх випуском на ринок або після проведення ремонтних робіт. Таким чином, стенд не тільки сприяє підвищенню якості обслуговування, але й забезпечує виробників важливою інформацією для оптимізації конструкцій майбутніх моделей.

Простота конструкції стенду досягається через використання стандартних комплектуючих і деталей, що забезпечує високу ремонтоздатність у будь-яких виробничих умовах. Цей підхід також сприяє легкій заміні компонентів без необхідності спеціалізованих інструментів або висококваліфікованих технічних знань, знижуючи час, необхідний для обслуговування та ремонту. Крім того, модульність конструкції дозволяє легко адаптувати стенд під різні моделі транспортних засобів та їхні специфікації, забезпечуючи широкий спектр

тестувальних можливостей і оптимізацію використання на виробництві. Така універсальність робить стенд незамінним інструментом у виробничих і сервісних центрах, сприяючи підтримці високих стандартів якості та безпеки.

Цей стенд розроблено для моніторингу тягових характеристик транспортних засобів з навантаженням на вісь до 1500 кг, що відповідає вазі легкових автомобілів та мінівенів. Це робить його ідеальним інструментом для використання у сервісних центрах та автовиробництві, де потрібно точно оцінювати ефективність роботи двигуна та трансмісії. Стенд також може бути адаптований для тестування більш важких транспортних засобів, таких як легкі вантажівки, що робить його універсальним рішенням для різних категорій автомобілів. Це забезпечує високу вартість інвестицій для автосервісів, які прагнуть надати своїм клієнтам комплексні послуги по діагностиці та обслуговуванню. [21]

3.4 Визначення ключових параметрів для стенду тягово-динамічних показників легкових автомобілів

При проектуванні такого типу обладнання критично важливо точно встановити його основні характеристики, включаючи діапазон вимірювань, точність датчиків, та здатність витримувати різні експлуатаційні умови. Також необхідно забезпечити, щоб усі компоненти системи були сумісні між собою та могли інтегруватися з існуючими діагностичними та управлінськими системами. Врахування цих параметрів допомагає гарантувати високу надійність стенду та його ефективність під час проведення всіх необхідних випробувань. Основні параметри для силових барабанів включають:

- габарити бігових барабанів (діаметр і довжина);
- відстань між вісями барабанів в одній секції стенду;
- швидкість обертання колеса автомобіля на стенді.

Вибір діаметра барабана проводиться на основі діаметра колеса автомобіля, щоб забезпечити умови кочення, схожі на умови реальних дорожніх покриттів. Оптимальне зниження прослизання та опору коченню

колеса досягається, коли діаметр барабана d_b є не менше ніж 0,4 діаметра колеса d_k .

$$d_o^3 \geq 0,4 \cdot d_k \quad (3.1)$$

$$d_o^3 \geq 0,4 \cdot 700$$

$$d_o = 280 \text{ мм}$$

Встановлення довжини барабана пов'язане з характеристиками та типом автомобіля. Для точного розрахунку довжини барабана пропонується використовувати наступну формулу:

$$l_o = \left[(k_n - k_o) / 2 \right] + a \quad (3.2)$$

$$l_o = \left[(1500 - 1000) / 2 \right] + 100 = 350$$

З огляду на потенційне введення в експлуатацію та аналізуючи існуючі моделі, встановлюємо довжину барабана на рівні 500 мм. Відстань між вісями барабанів є ключовим фактором для забезпечення стабільності на стенді та здатності автомобіля самостійно залишати його. Стабільне положення передбачає, що колеса автомобіля мають контактувати з обома барабанами одночасно. Відстань між барабанами визначається за такою формулою:

$$l = (r_k + r_o) \cdot \frac{2 \cdot \varphi}{\sqrt{1 + \varphi^2}} \quad (3.3)$$

$$l = (350 + 140) \cdot \frac{2 \cdot 0.64}{\sqrt{1 + 0.64}} = 614.7$$

Встановлюємо $l = 650$ мм. На основі попередньо розрахованих нормальних реакцій та крутних моментів здійснимо розрахунок валів барабанів. Детальна схема навантажень для кожного з валів наведена на рисунку 12. Розрахунки проводимо, виходячи з максимального значення згинального моменту.

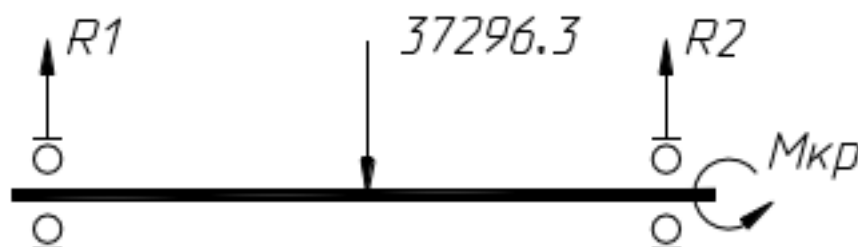


Рис. 3.2. Схема навантаження осі барабана.

Сила, створювана вагою колеса автомобіля, рівномірно розподіляється між двома опорами, які знаходяться в точках контакту осі барабана з опорними елементами. При цьому для кожного колеса навантаження визначається як половина загального навантаження, що передається на опори від ваги осі. Відповідно, реакція кожної з опор становить половину від сукупного навантаження, прикладеного до всієї конструкції. [13]

$$R = 37296,3 \cdot 0,5 / 2 = 9324,1H$$

У такому випадку згинальний момент, що виникає від прикладеного навантаження, обчислюється за наведеною формулою:

$$M_z = R \cdot 0,4 \quad (3.4)$$

$$M_z = 9324,1 \cdot 0,4 = 3729,6H \cdot m$$

Щоб визначити мінімально допустимий діаметр осі барабана, слід врахувати прикладені до неї навантаження, зокрема згинальний і крутний моменти. Розрахунок здійснюється відповідно до наступної формули:

$$d = \sqrt[3]{10 \sqrt{M_z^2 + M_{кр}^2} / [\sigma]} \text{ мм} \quad (3.5)$$

$$M_{кр} = 1250H \cdot m.$$

$$M_z = 3729,6 H \cdot m.$$

$$[\sigma] = 112,5 \text{ МПа}.$$

$$d = \sqrt[3]{10 \sqrt{1296,44^2 + 4585,98^2} / [112,5]} \text{ мм}.$$

$$d = 70,4 \text{ мм}.$$

Приймаємо, що мінімальний діаметр осі барабана становить 72 мм.

Розрахуємо необхідну величину інерційних мас, враховуючи максимальну масу автомобіля разом із вантажем, яка дорівнює 3000 кг, та максимально можливу швидкість розгону на стенді $v=90$ км/год.

Сила інерції, яка виникає під час поступального руху автомобіля, визначається за такою формулою:

$$Pi = G \cdot j, \quad (3.6)$$

$$G = 3000 \text{ кг}.$$

$$j = 1, 2.$$

Отже, величина інерції, що виникає під час розгону автомобіля, матиме наступне значення:

$$P_i = 30000 \cdot 1,2 = 36000 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.7)$$

Для стенда сумарний момент інерції обертових елементів розраховується як сума моментів інерції чотирьох барабанів та навантажувального пристрою, який представлений у вигляді блоку махових мас.

Загальна величина моменту інерції повинна відповідати розрахованій вище інерції автомобіля під час руху.

$$P_i = \frac{2 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 + I_{\text{мас}}}{r_{\text{бар}}} \cdot j \quad (3.8)$$

$$r_{\text{бар}} = 0,14 \text{ м}$$

Беручи до уваги відмінності у конструкції барабанів, їхній момент інерції розраховується індивідуально для кожного компонента. Загальний момент інерції барабана включає три складові: момент інерції валу, момент інерції дисків та момент інерції самого барабана. Детальні параметри барабанів зображені на рисунку 3.3.

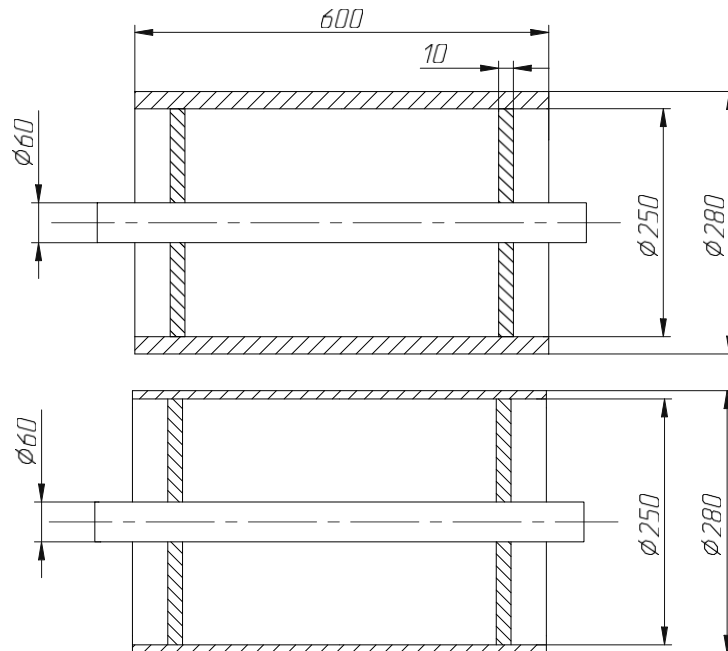


Рис.3.3. Габаритні параметри барабанів.

Загальна маса осі становить:

$$m = p \cdot r^2 \cdot l \cdot r, \quad (3.9)$$

$$r = 7,812 / \text{см}^3.$$

$$l = 1,26 \text{ м}.$$

$$m = 3,14 \cdot 0,032 \cdot 1,26 \cdot 7810 = 47,25 \text{ кг}$$

Момент інерції валу:

$$I_{\text{вала}} = m \cdot r^2 \quad (3.10)$$

$$I_{\text{вала}} = 47,25 \cdot 0,052 = 1,9 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

Маса диска визначається як:

$$m = p \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \cdot l \cdot r, \quad (3.11)$$

$$r = 7,81 \text{ г} / \text{см}^3.$$

$$l = 0,01 \text{ м}.$$

$$m = 3,14 \cdot (0,1802 - 0,052) \cdot 0,01 \cdot 7810 = 7,33 \text{ кг}$$

Момент інерції диска розраховується за формулою:

$$I_{\text{диска}} = m \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \quad (3.12)$$

$$I_{\text{диска}} = 73,3 \cdot (0,1802 - 0,052) = 2,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

Загальна маса барабана становить:

$$m = p \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \cdot l \cdot r \quad (3.13)$$

$$r = 7,81 \text{ г} / \text{см}^3.$$

$$l = 0,8 \text{ м}.$$

$$m = 3,14 \cdot (0,42 - 0,362) \cdot 0,8 \cdot 7810 = 596,4 \text{ кг}$$

Момент інерції барабана обчислюється наступним чином:

$$I_{\text{барабана}} = m \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \quad (3.14)$$

$$I_{\text{барабана}} = 596,4 \cdot (0,42 - 0,362) = 181,3 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

Таким чином, отриманий момент інерції барабана має значення:

$$I_1 = I_{\text{вала}} + 2 \cdot I_{\text{диска}} + I_{\text{барабана}} \quad (3.15)$$

$$I_1 = 1,9 + 2 \cdot 2,1 + 181,3 = 187,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

Особливістю другого барабана стенду є його збільшена товщина.

Переходимо до розрахунку моменту інерції для барабана з урахуванням його конструктивних особливостей.

Вага диска складе:

$$m = p \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \cdot l \cdot r, \quad (3.16)$$

$$r = 7,812 / \text{см}^3.$$

$$l = 0.01 \text{ м}.$$

$$m = 3,14 \cdot (0,1802 - 0,052) \cdot 0,01 \cdot 7810 = 7,33 \text{ кг}$$

Момент інерції диска визначається за наступною формулою:

$$I_{\text{диска}} = m \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \quad (3.17)$$

$$I_{\text{диска}} = 73,3 \cdot (0,1802 - 0,052) = 2,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

Загальна маса барабана обчислюється наступним чином:

$$m = p \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \cdot l \cdot r \quad (3.18)$$

$$r = 7,812 / \text{см}^3.$$

$$l = 0.8 \text{ м}.$$

$$m = 3,14 \cdot (0,42 - 0,382) \cdot 0,8 \cdot 7810 = 306,1 \text{ кг}$$

Розрахунок моменту інерції барабана виконується з урахуванням усіх конструктивних параметрів:

$$I_{\text{барабана}} = m \cdot (r^2 - r^2_{\text{в}}) \quad (3.19)$$

$$I_{\text{барабана}} = 3061 \cdot (0,42 - 0,382) = 47,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

Отже, отриманий момент інерції для окремого барабана становить:

$$I_2 = I_{\text{вала}} + 2 \cdot I_{\text{диска}} + I_{\text{барабана}} \quad (3.20)$$

$$I_2 = 1,9 + 2 \cdot 2,1 + 47,7 = 53,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Сумарний момент інерції для всіх барабанів обчислюється як:

$$I_{\text{сум}} = 2 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \quad (3.21)$$

$$I_{\text{сум}} = 2 \cdot 187,4 + 2 \cdot 53,8 = 482,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$$

Виходячи з отриманих значень, сила інерції барабанів визначається за наступною формулою:

$$P_{\text{сум.бар}} = \frac{2 \cdot I_1 + 2 \cdot I_2}{r_{\text{бар}}} \cdot j$$

$$P_{\text{сум.бар}} = \frac{482,4}{0,2} \cdot 1,2 = 2894,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Стенд для оцінки тягових характеристик являє собою систему, що включає дві пари барабанів (поз. 2), встановлених на рамі (поз. 1) та з'єднаних

між собою кінематично через карданну передачу (поз. 5). Барабани (поз. 2) з'єднані через муфту (поз. 19) із гідравлічним гальмом (поз. 3), яке під час тестування забезпечує контрольоване гальмування. Це дозволяє імітувати умови розгону автомобіля, що дає змогу отримати максимально точні результати випробувань. [23]

Крім того, система оснащена сучасними датчиками та електронікою для збору даних про тягу, швидкість і гальмування, які аналізуються спеціалізованим програмним забезпеченням. Це забезпечує високу точність вимірювань і дозволяє детально оцінити характеристики гальмівної системи та трансмісії, підвищуючи безпеку та надійність автомобілів.

Крім того, гідравлічне гальмо, встановлене на підшипниках вала (поз. 34), під час роботи піддається впливу реактивного моменту. Це обертання забезпечує можливість вимірювання крутного моменту на ведучих колесах автомобіля, а також розрахунок потужності транспортного засобу під навантаженням, що сприяє отриманню детальної діагностичної інформації.

Гідравлічний гальмо являє собою закриту циліндричну конструкцію, всередині якої розташовані роторні елементи (поз. 25), з'єднані з приводним валом (поз. 34), і статорні елементи (поз. 26), закріплені на зовнішньому корпусі. Процес гальмування відбувається завдяки перемішуванню робочої рідини, яка подається в барабан, і виникненню тертя між ротором (поз. 25) і статором (поз. 26).

Ця система дозволяє ефективно моделювати різні умови дорожнього покриття і випробовувати гальмівні системи при змінних навантаженнях та швидкостях, імітуючи реальні умови експлуатації. Використання такого обладнання допомагає виробникам автомобілів точно визначати необхідні параметри для оптимізації гальмівної системи і підвищення безпеки автомобілів. Також, завдяки точним технологічним вимірам, виробники можуть вдосконалювати конструкцію трансмісії, двигуна та інших критичних систем, що сприяє зниженню витрат на паливо та викидів в атмосферу. Це відкриває можливості для подальших інновацій в автомобільній промисловості та впровадження нових стандартів у виробництві та сервісному обслуговуванні автомобілів.

Процес складання гідравлічного гальма передбачає такі етапи. Спочатку монтується бокова частина гальма (поз. 24), на яку встановлюється корпус підшипника (поз. 23) разом із підшипником (поз. 36). Корпус кріпиться за допомогою болтів, після чого монтується ведучий вал (поз. 34). На вал надівається кільце ротора (поз. 25). Далі до бокової частини (поз. 24) кріпиться перша секція гальма, яка закріплюється за допомогою болтів. Потім встановлюється статор (поз. 26) і наступна секція гальма (поз. 27). Усі подальші роторні пластини монтуються в аналогічній послідовності. Кожен крок збірки вимагає ретельної перевірки для забезпечення правильного вирівнювання та функціонування усіх частин, з метою запобігання витoku робочої рідини та зниження зносу деталей під час експлуатації. Це дозволяє максимально збільшити термін служби гідравлічного гальма та підвищити ефективність його роботи.

У даному розділі здійснено аналіз тягових властивостей транспортного засобу. Визначено ключові параметри двигуна, такі як потужність та крутний момент. Окреслено передавальні числа трансмісії автомобіля. Проведено розрахунки часу та дистанції, необхідних для розгону транспортного засобу. Також визначено ефективність використання палива. Розроблено технічне завдання для майбутньої конструкції, включаючи детальний опис та технічні параметри. У технічному пропозиції описано конструкцію стенду та проаналізовано конструктивні особливості різних його систем. Завершено розрахунки на міцність та стійкість вузлів цієї конструкції.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Застосування підходу для апроксимації даних, отриманих в ході експериментів

Згідно з аналізом даних, представлених у наукових публікаціях, для визначення взаємозв'язку між витратами палива та іншими параметрами автомобіля використовувався метод найменших квадратів. Ця статистична техніка дозволяє апроксимувати експериментальні результати за допомогою квадратичної функції. Цей підхід забезпечує точне моделювання залежностей і може бути використаний для прогнозування витрат палива на основі варіативності інших вимірюваних характеристик.

$$y = ax^2 + bx + c \quad (4.1)$$

Коефіцієнти a , b та c зазначеного рівняння були визначені на основі умови досягнення мінімального значення функції:

$$Q(a, b, c) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i^2 + bx_i + c))^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c)^2 \quad (4.2)$$

Умови досягнення мінімального значення функції (2.2) були виражені через систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) \cdot (-x_i^2) = -2 \sum_{i=1}^n (x_i^2 y_i - ax_i^4 - bx_i^3 - cx_i^2) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) \cdot (-x_i) = -2 \sum_{i=1}^n (x_i y_i - ax_i^3 - bx_i^2 - cx_i) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial c} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) \cdot (-1) = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^2 - bx_i - c) = 0 \end{cases} \quad (4.3)$$

За результатами трансформацій, формулюється система з трьох лінійних рівнянь, кожне з яких містить три невідомі змінні:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^n x_i^4 + b \sum_{i=1}^n x_i^3 + c \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^3 + b \sum_{i=1}^n x_i^2 + c \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a \sum_{i=1}^n x_i^2 + b \sum_{i=1}^n x_i + cn = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (4.4)$$

В результаті розв'язання цієї системи визначаються значення параметрів a , b та c . Для оцінки точності апроксимації використовується коефіцієнт детермінації, формула якого визначається наступним чином:

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} \quad (4.5)$$

Сума квадратів різниць між спостережуваними та прогнозованими значеннями у регресійній моделі

$$SS_{res} = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Реальні та обчислені значення змінної пояснюються

$$y_i, \hat{y}_i$$

Загальний показник квадратів суми

$$SS_{tot} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2$$

4.2 Аналіз початкових даних для дослідження

Апаратура та методики тестування. Було проведено вимірювання рівня споживання палива для шести видів великогабаритних комерційних транспортних засобів згідно зі стандартами WTVC та СНТС. До складу тестового парку входили легковий автомобіль. [7]

Експериментальне дослідження охоплювало наступні аспекти:

Аналіз характеристик маршрутів у місті Тернопіль.

Вивчення змін атмосферного тиску та температури в місті Тернопіль протягом періоду з 1 січня 2024 року до 30 листопада 2024 року.

Аналіз статистичних даних щодо технічних несправностей автомобілів.

Встановлення реальних швидкісних режимів при експлуатації автомобілів.

Автомобіль Volkswagen Touran 1.9 TDI, виробництва 2012 року, (див. рисунок 4.1) оснащений стандартним рядним 4-циліндровим двигуном з системою рідинного охолодження та 6-ступінчастою механічною коробкою передач.



Рис. 4.1. Автомобіль Volkswagen Touran 1.9 TDI.

4.3 Аналіз впливу умов навколишнього середовища на споживання палива автомобілем під час експлуатації

На рисунках 4.1-4.3. представлено графіки, що відображають зміни температури, опадів, тривалості світлового дня та сили вітру з усередненими показниками за період дослідження. За даними графіків, температурний режим коливається за синусоїдальним принципом. Також спостерігається стабільний розподіл атмосферного тиску протягом усього року, що утримується на рівні 99,3 кПа.

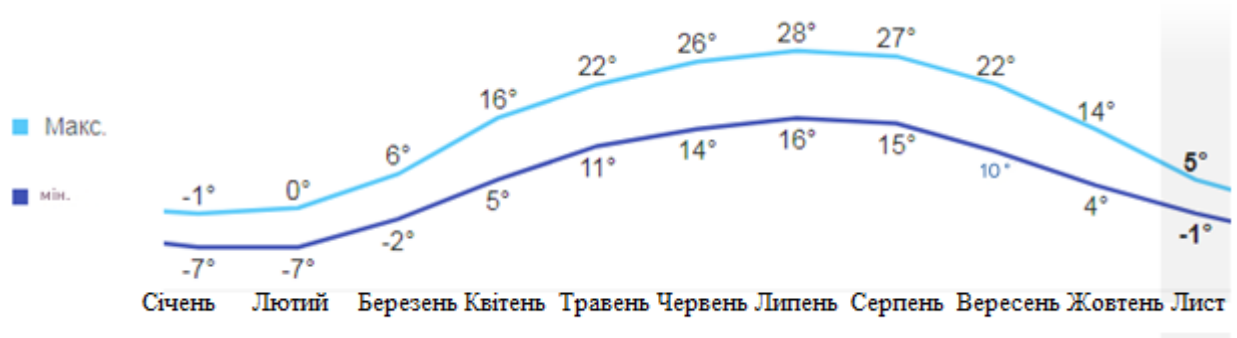


Рис. 4.1. Діаграма коливань температури навколишнього середовища в місті Тернопіль протягом обраного дослідницького періоду (вказано в градусах Цельсія).



Рис. 4.2. Діаграма коливань кількості опадів у місті Тернопіль протягом визначеного дослідницького періоду (вказано в міліметрах).

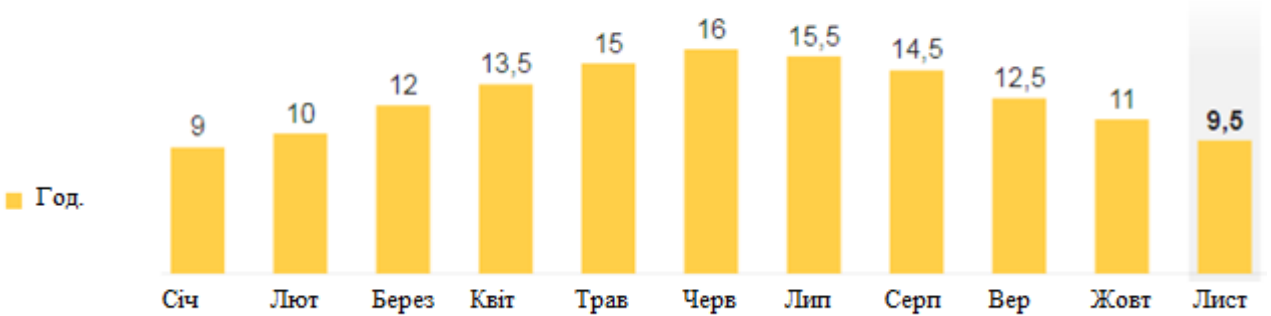


Рис. 4.3. Діаграма змін тривалості світлового дня у місті Тернопіль протягом аналізованого періоду (в годинах)

Отже, обсяг температурних коливань складає від -13 до $+26$ °C. Результати дослідження представлено в таблиці 4.1. та на рисунках 4.4-4.5. У таблиці 4.1 вказано поліноміальні залежності між споживанням палива та температурою навколишнього середовища міста. [4]

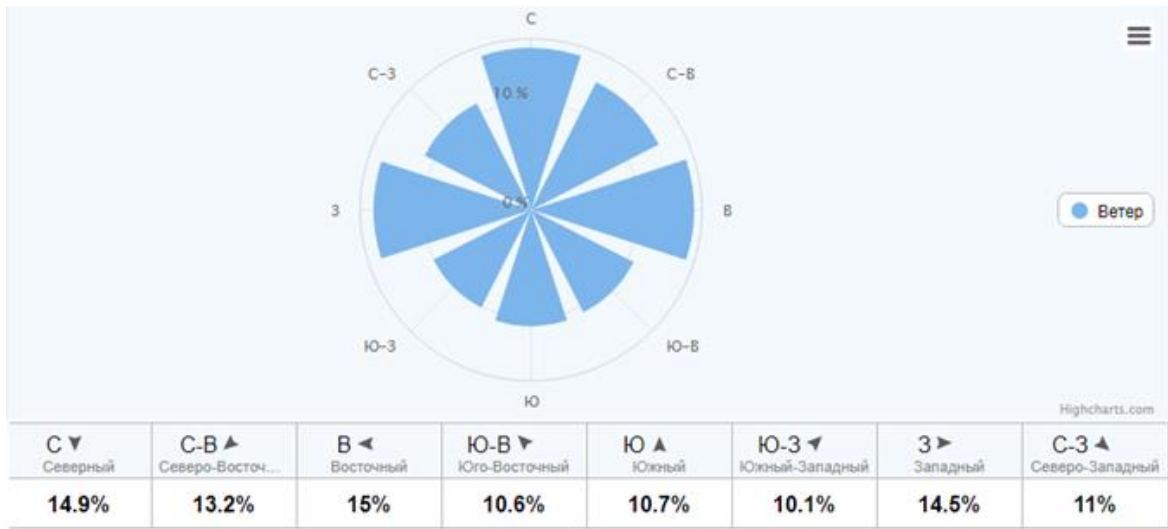


Рис. 4.4. Діаграма змін швидкості та інтенсивності вітру з усередненими показниками за період дослідження у місті Тернопіль (вказано у відсотках).

Таблиця 4.1. Результати аналізу впливу температури навколишнього середовища на паливну ефективність автомобіля під час експлуатації

Темпе- ратура, °C	Витрата палива в л/100 км	Темпе- ратура, °C	Витрата палива в л/100 км	Темпе- ратура, °C	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

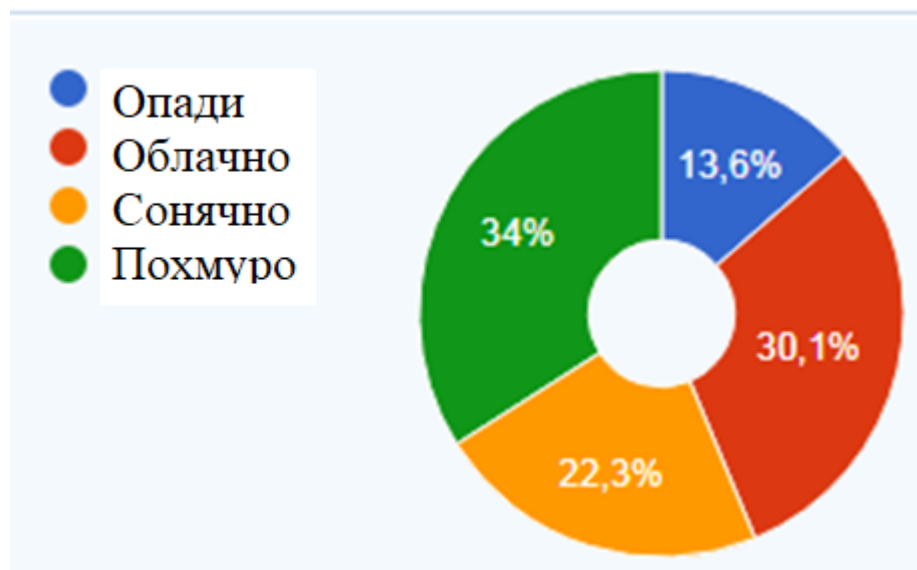


Рис. 4.5. Діаграма змін ймовірності випадання опадів протягом аналізованого періоду.

На рисунках 4.6 та 4.7 представлено епюру, яка ілюструє умови експлуатації транспортного засобу, зокрема швидкість руху, маршрут та зміни рельєфу. [3]

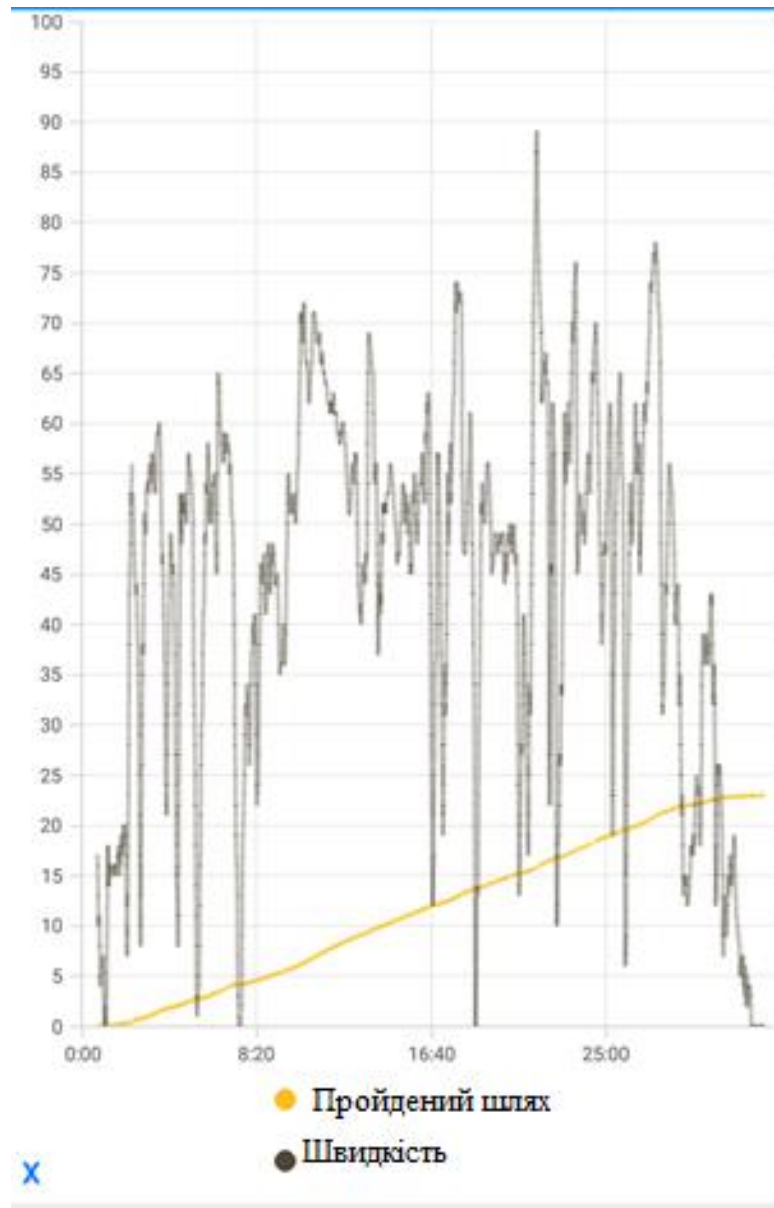


Рис. 4.6. Графічне відображення швидкостей руху та пройденої дистанції автомобіля.

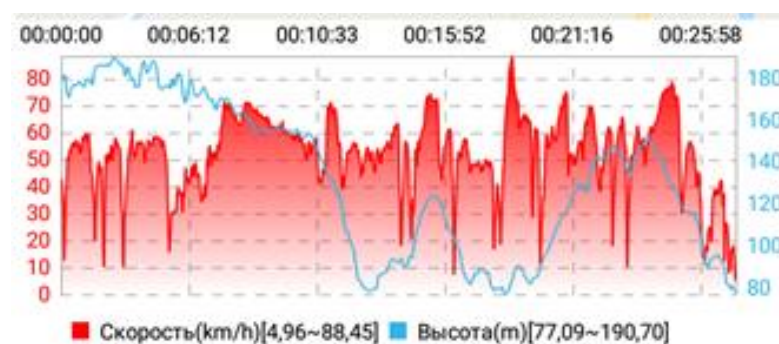


Рис. 4.7. Динамічна характеристика змін рельєфу маршруту у взаємозв'язку зі швидкісними режимами автомобіля.

На рисунку 4.8. представлено графік, який демонструє залежність витрати палива від температури навколишнього середовища. Поліноміальні залежності, що описують цю взаємозв'язок, наведені у таблиці 4.2.

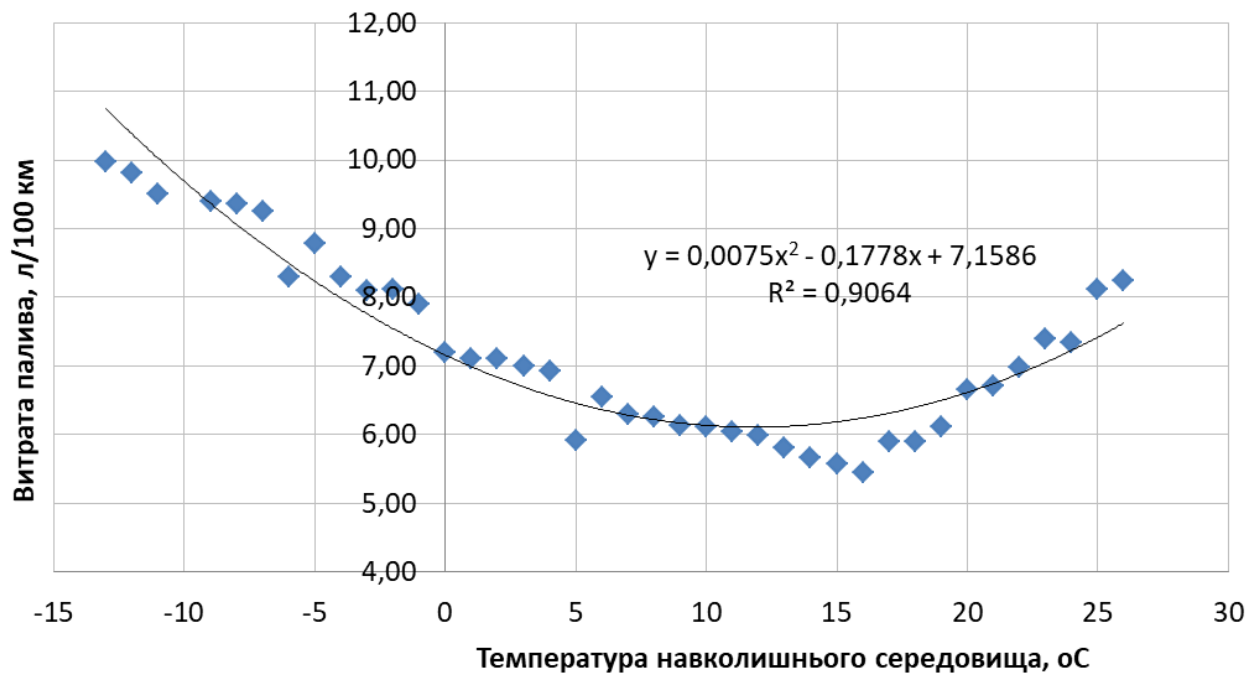


Рис. 4.8. Графік, що ілюструє залежність витрати палива легкового автомобіля від температури навколишнього середовища під час експлуатації. [18]

Таблиця 4.2. Поліноміальні моделі залежності витрати палива від температурних умов 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

Аналіз отриманих рівнянь показує, що значення коефіцієнтів a та b є досить близькими. Водночас коефіцієнт c виявився пропорційним початковій витраті палива Q_{s0} , яка спостерігається при використанні автомобіля на певному маршруті. Ці значення в середньому перевищують норму на 1,15–1,45%. Це свідчить про те, що подібні відхилення є закономірними і потребують врахування в майбутніх розрахунках.

Таким чином, у загальному вигляді математична модель залежності витрати палива автомобіля від температури навколишнього середовища в умовах експлуатації має наступний вигляд:

$$Q_s(t) = 0,0075 \cdot t^2 - 0,1778 \cdot t + 1,02 \cdot Q_{s0} \quad (4.6)$$

Для обчислення коефіцієнта коригування лінійної витрати палива залежно від температури навколишнього середовища k_t застосовується така формула:

$$k_t = \frac{0,0075 \cdot t^2 - 0,1778 \cdot t + 1,02 \cdot Q_{s0}}{Q_{s0}} = 1,02 + \frac{0,0075 \cdot t^2 - 0,1778 \cdot t}{Q_{s0}} \quad (4.7)$$

Споживання палива під час експлуатації автомобіля в умовах визначеного температурного діапазону навколишнього середовища розраховується за наступною формулою:

$$Q_s(t) = Q_{s0} \cdot k_t \quad (4.8)$$

У таблиці 4.3 представлено результати обчислень витрати палива відповідно до рівняння (4.8). У таблиці також наведено значення коефіцієнтів коригування, визначених для різних температурних умов, а також коефіцієнти детермінації, що оцінюють точність розрахунків за рівняннями (4.6) та (4.8).

Таблиця 4.3. Результати обчислень коефіцієнтів коригування витрати палива автомобіля залежно від температури навколишнього середовища.

t	$Q_{s_екс}$	$Q_s(t)$	k_t	$Q_{s0} \cdot k_t$
- 13	9.97	10.7375	2.01102996	10.7389
- 12	9.82	10.3722	1.94262172	10.3736
- 11	9.51	10.0219	1.87702247	10.0233
- 9	9.40	9.3663	1.75425094	9.3677
- 8	9.36	9.061	1.69707865	9.0624
- 7	9.26	8.7707	1.64271536	8.7721
- 6	8.30	8.4954	1.59116105	8.4968
- 5	8.78	8.2351	1.54241573	8.2365
- 4	8.30	7.9898	1.4964794	7.9912
- 3	8.10	7.7595	1.45335206	7.7609
- 2	8.12	7.5442	1.41303371	7.5456
- 1	7.90	7.3439	1.37552434	7.3453
0	7.20	7.1586	1.34082397	7.16
1	7.10	6.9883	1.30893258	6.9897

t	$Q_{s_екс}$	$Q_s(t)$	k_t	$Q_{s0} \cdot k_t$
2	7.10	6.833	1.27985019	6.8344
3	6.99	6.6927	1.25357678	6.6941
4	6.92	6.5674	1.23011236	6.5688
5	5.91	6.4571	1.20945693	6.4585
6	6.55	6.3618	1.19161049	6.3632
7	6.30	6.2815	1.17657303	6.2829
8	6.25	6.2162	1.16434457	6.2176
9	6.14	6.1659	1.15492509	6.1673
10	6.12	6.1306	1.14831461	6.132
11	6.05	6.1103	1.14451311	6.1117
12	5.99	6.105	1.1435206	6.1064
13	5.80	6.1147	1.14533708	6.1161
14	5.67	6.1394	1.14996255	6.1408
15	5.58	6.1791	1.157397	6.1805
16	5.45	6.2338	1.16764045	6.2352
17	5.90	6.3035	1.18069288	6.3049
18	5.89	6.3882	1.19655431	6.3896
19	6.12	6.4879	1.21522472	6.4893
20	6.65	6.6026	1.23670412	6.604
21	6.70	6.7323	1.26099251	6.7337
22	6.98	6.877	1.28808989	6.8784
23	7.40	7.0367	1.31799625	7.0381
24	7.34	7.2114	1.35071161	7.2128
25	8.12	7.4011	1.38623596	7.4025
26	8.24	7.6058	1.42456929	7.6072

4.4 Аналіз впливу строку експлуатації автомобіля на показники споживання палива під час його використання

У ході дослідження впливу технічного стану транспортного засобу на витрату палива було підтверджено основну гіпотезу: за ідентичних умов експлуатації нові автомобілі демонструють нижчий рівень споживання палива порівняно з тими, що мають значний пробіг. Для підтвердження цієї закономірності було здійснено аналіз помісячної витрати палива на фіксованому маршруті. Отримані результати представлені у таблиці 4.4 та на рисунку 4.9.

Таблиця 4.4. Споживання палива автомобілями протягом п'яти місяців

№ групи	Витрата палива, л/100 км				
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень
1 (більш 300 тис км)	9,76	9,42	9,23	9,12	9,02
2 (220-300 тис км)	9,37	9,35	9,06	9,03	8,89
3 (150-220 тис км)	9,22	9,22	8,99	8,79	8,75
4 (100-150 тис км)	7,13	7,08	6,32	6,01	6,3
5 (60-100 тис км)	6,87	6,75	6,05	5,87	6,2
6 (до 60 тис км)	5,89	5,74	5,49	5,66	5,8

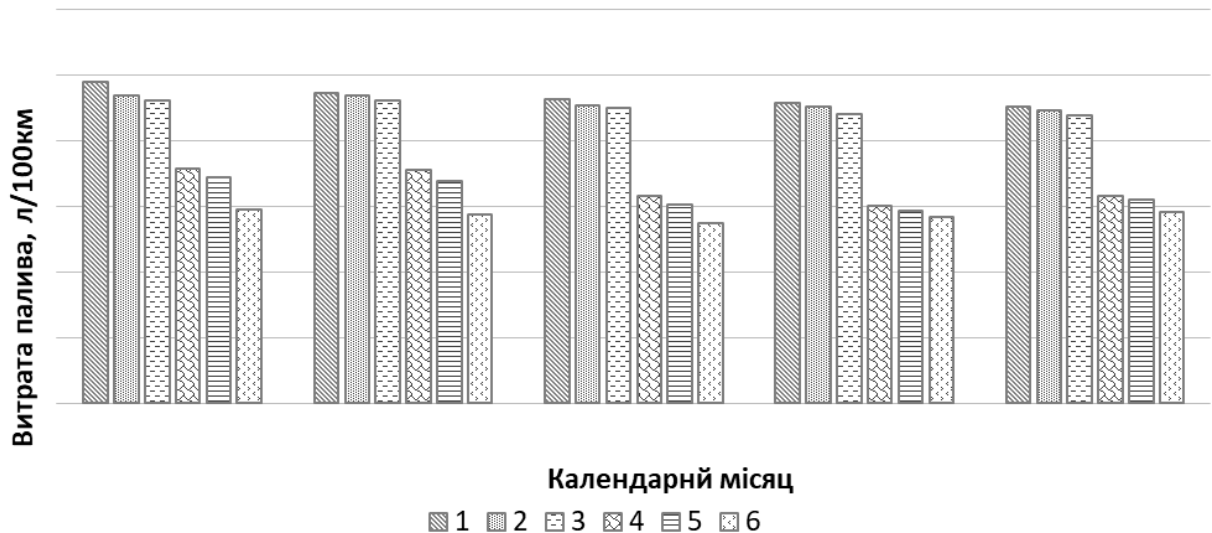


Рис. 4.9. Споживання палива автомобілями з досліджуваних груп протягом п'яти місяців.

Як випливає з даних на рисунку 4.9, існує очевидна залежність витрат палива від тривалості використання автомобіля, що вимагає детального аналізу розподільних законів, які могли б описати це явище. Для цього значення витрат

палива були систематизовані та класифіковані залежно від часу експлуатації транспортного засобу по місяцях. Відповідні результати представлені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Споживання палива легковим автомобілем в залежності від тривалості експлуатації (у місяцях).

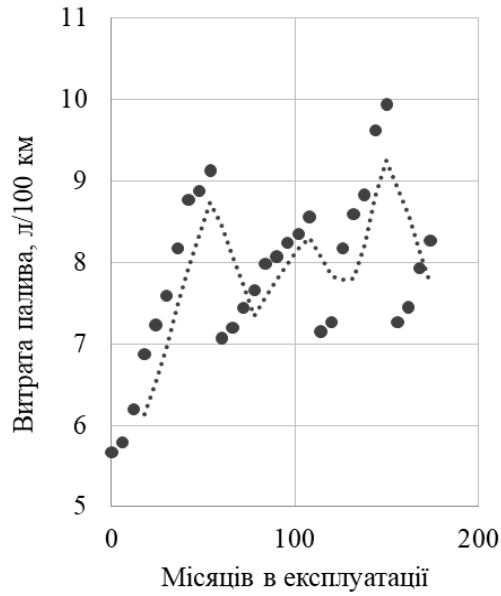
Місяців в експлуатації	Пробіг, км	Витрата палива, л/100км
0	0	5,67
6	10000	5,79
12	20000	6,2
18	30000	6,87
24	40000	7,23
30	50000	7,59
36	60000	8,17
42	70000	8,77
48	80000	8,88
54	90000	9,13
60	100000	7,07
66	110000	7,2
72	120000	7,44
78	130000	7,66
84	140000	7,98
90	150000	8,07
96	160000	8,24
102	170000	8,35
108	180000	8,56
114	190000	7,15
120	200000	7,27
126	210000	8,17
132	220000	8,59
138	230000	8,83

Місяців в експлуатації	Пробіг, км	Витрата палива, л/100км
144	240000	9,62
150	250000	9,94
156	260000	7,27
162	270000	7,45
168	280000	7,93
174	290000	8,27

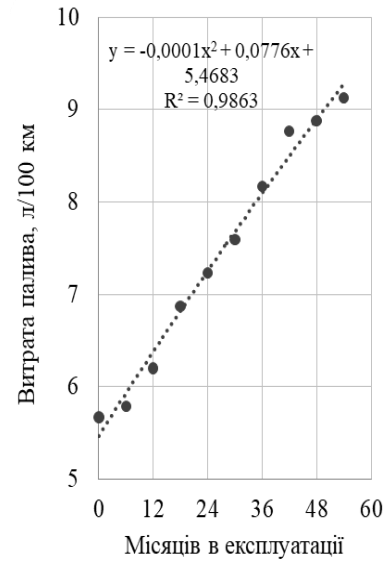
Рисунок 4.10. Графічне відображення впливу тривалості експлуатації на витрату палива автомобілями, а в таблиці 4.6 викладено поліноміальні моделі, що описують взаємозв'язок витрати палива з кількістю місяців використання автомобіля.

Таблиця 4.6. Поліноміальні моделі визначення витрати палива автомобіля в залежності від тривалості його експлуатації.

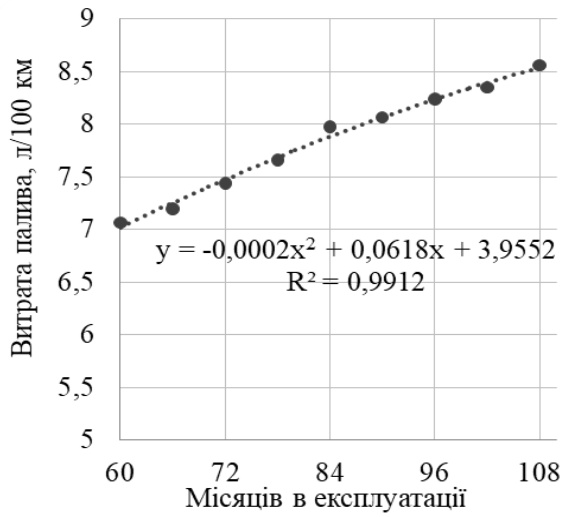
Рівняння	Точність апроксимації	Q_{s0}	$Q_s(0)-Q_{s0}$	ΔQ_s
0-90000 км (4,5 роки терміну) пробігу експлуатації автомобіля				
$Q_s(T_e) = -0,0001 \cdot T_e^2 + 0,07766 \cdot T_e + 5,47$	0,9863	5,67	0,33	0,62
90000-180000 км (4,5-9 років терміну) пробігу експлуатації автомобіля				
$Q_s(T_e) = -0,0002 \cdot T_e^2 + 0,0618 \cdot T_e + 3,955$	0,9912	7,07	1,73	0,82
180000-250000 км (9-12,5 років терміну) пробігу експлуатації автомобіля				
$Q_s(T_e) = 0,0817 \cdot T_e - 2,2229$	0,9774	7,15	1,81	0,719
Більш 250000 км (більш 10 років терміну) пробігу експлуатації автомобіля				
$Q_s(T_e) = 0,0011 \cdot T_e^2 - 0,3087 \cdot T_e + 28,36$	0,9844	7,27	1,93	0,879



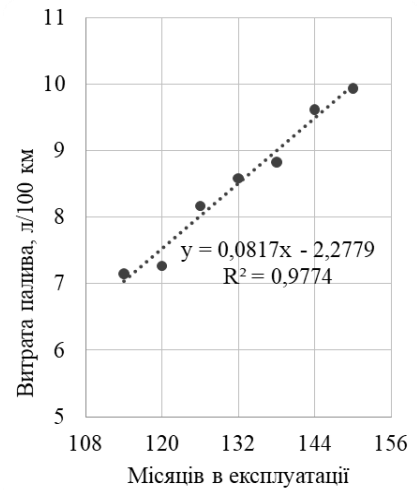
а)



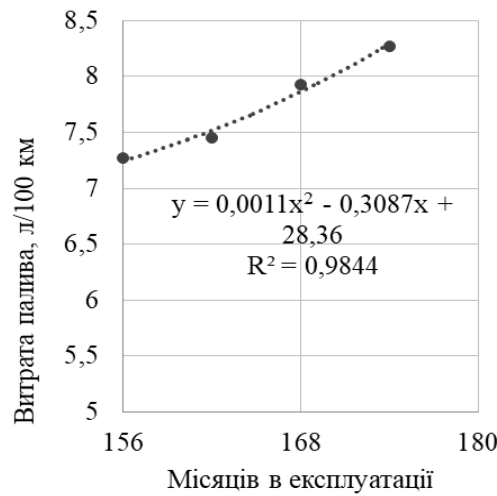
б)



в)



г)



д)

Рисунок 2.11. Залежність споживання палива від тривалості використання автомобіля (до 200 тис. км).

Було встановлено відсоток відхилень між споживанням палива автомобілем у перший місяць його використання та початковим значенням цього показника на графіку (при $x = 0$). З цього можна зробити висновок, що формула, яка описує залежність витрати палива від часу експлуатації автомобіля, має наступний вигляд:

$$Q_s(T_e) = -0,0001 \cdot T_e^2 + 0,07766 \cdot T_e + Q_{s0} \quad (4.9)$$

Також, аналізуючи характер зміни кривих у всіх чотирьох випадках, можна зазначити, що вони мають схожу форму, що свідчить про подібність коефіцієнтів a та b у поліномі. Різниця між ними виявляється лише у початкових значеннях кривої.

Отже, рівняння (4.9) може бути застосоване для визначення коефіцієнта корекції лінійної витрати палива k_T , що залежить від терміну експлуатації автомобіля:

$$k_t = \frac{-0,0001 \cdot T_e^2 + 0,07766 \cdot T_e + 1,02 \cdot Q_{s0}}{Q_{s0}} = 1,02 + \frac{-0,0001 \cdot T_e^2 + 0,07766 \cdot T_e}{Q_{s0}} \quad (4.10)$$

У такому разі споживання палива автомобіля в конкретному місяці експлуатації можна розрахувати за наступною формулою:

$$Q_s = Q_{s0} \cdot k_T \quad (4.11)$$

4.5 Дослідження впливу змін у циклі використання транспортного засобу на споживання палива

Дослідження впливу змін у циклі експлуатації транспортного засобу на споживання палива включає аналіз як кількісних, так і якісних аспектів роботи автомобіля в різних умовах використання. Цей аналіз має на меті визначити, як зміни в регулярності використання, інтенсивності навантажень і умовах водіння впливають на паливну ефективність.

Методології розрахунку споживання палива для цих двох циклів тестування мають певні розбіжності. Для циклу WTVС середньозважене значення загального споживання палива визначається на основі норм споживання в урбаністичних, передміських та шосейних умовах з

використанням різних вагових коефіцієнтів. Відповідні вагові коефіцієнти для тестованих транспортних засобів представлено у таблиці 4.7. Натомість, для СНТС загальна норма споживання палива визначається простим поділом сумарного обсягу використаного палива на пройдений кілометраж без врахування зважування.

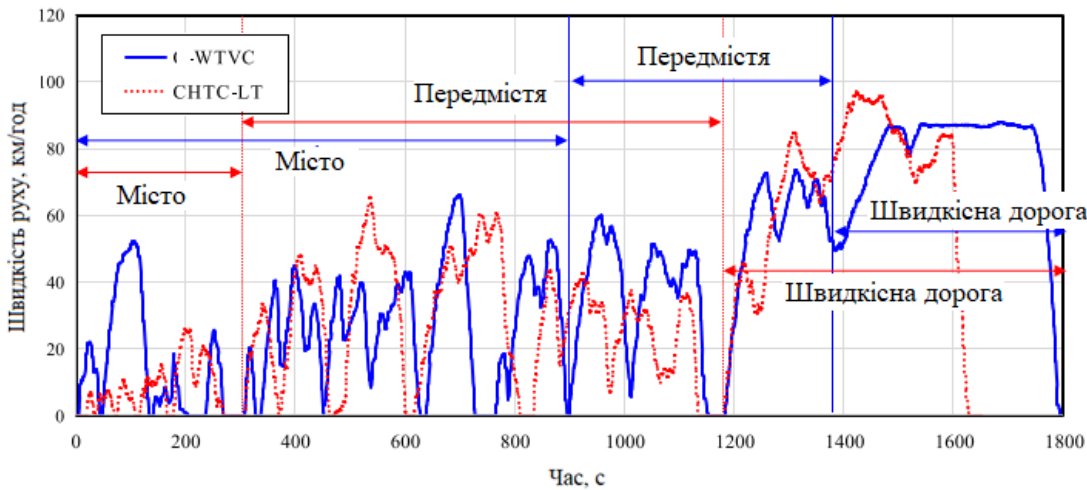


Рис. 4.12. Порівняння циклів випробувань легкового та вантажного автомобіля WTVС і СНТС-LT.

Таблиця 4.7. Вагові коефіцієнти для тестованих автомобілів.

Транспортні засоби	Дорожні умови		
	Місто	Передмістя	Швидкісна дорога/Шосе
Легковий автомобіль			
Малотоннажний вантажний автомобіль	0,4	0,4	0,2

Для з'ясування причин відмінностей у споживанні палива під час різних циклів випробувань, експерименти були структуровані на основі чотирьох основних режимів роботи транспортного засобу: холостий хід, розгін, гальмування, та утримання постійної швидкості.

Холостий хід. У цьому стані двигун працює близько до оптимальної частоти обертів, забезпечуючи мінімальне споживання палива на холостих обертах.

Під час розгону моментальне збільшення подачі палива та підвищення температури згоряння сприяють зниженню теплової ефективності двигуна, що веде до зростання витрати палива.

Гальмування коли автомобіль уповільнюється, і водій застосовує гальма, система управління двигуном зменшує впорскування палива до мінімуму, що є частиною стратегії зниження витрат палива.

Постійна швидкість. У цьому режимі двигун працює стабільно, і витрати палива залежать від оборотів двигуна та навантаження.

Вивчення впливу цих чотирьох режимів дозволило визначити їхній вклад у загальну витрату палива та зрозуміти основні фактори, які визначають різницю у споживанні палива в різних тестових циклах.

Споживання палива в циклі CHTC-LT було на 8,88% нижчим порівняно з WTVС. Враховуючи, що пробіг в циклах WTVС та CHTC-LT склав відповідно 63,85 км та 15,88 км, для коректного порівняння абсолютних показників витрати палива ці параметри були уніфіковані: пробіг для CHTC-LT збільшено до 63,85 км, а тривалість циклу з 1800 секунд продовжено до 6642 секунд. В результаті загальне споживання палива в циклах WTVС та CHTC-B склало відповідно 7,91 л та 7,21 л.

Як демонструє рисунок 4.13, загальне споживання палива в циклі CHTC-LT виявилось нижчим порівняно з WTVС у всіх режимах, окрім холостого ходу.

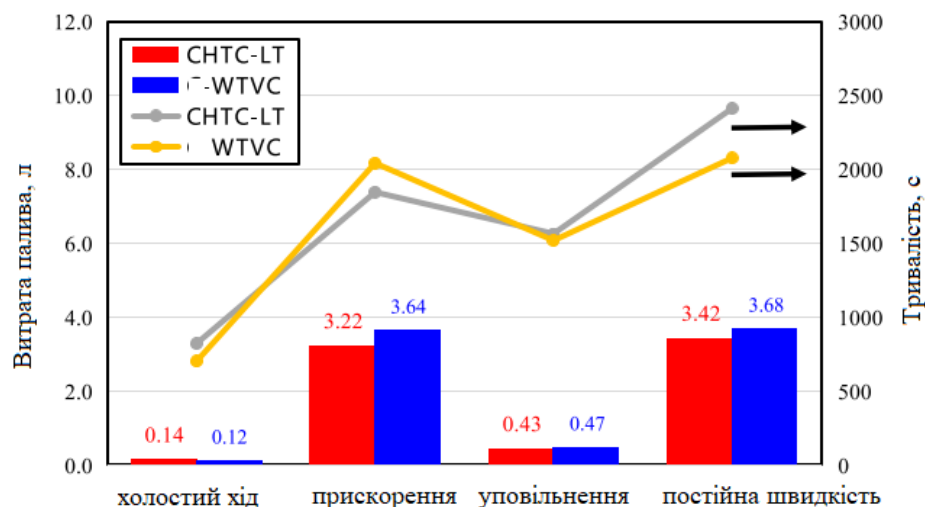


Рис. 4.13. Розподіл споживання палива легкових та вантажних автомобілів за циклами WTVС і CHTC-LT.

На рисунку 4.14 зображено споживання палива для кожного з режимів окремо. Швидкість споживання палива в циклах CHTC-LT та WTVС була порівняльною під час різних умов, за виключенням умови постійної швидкості, де більша середня швидкість спричинила вищий рівень витрати палива.

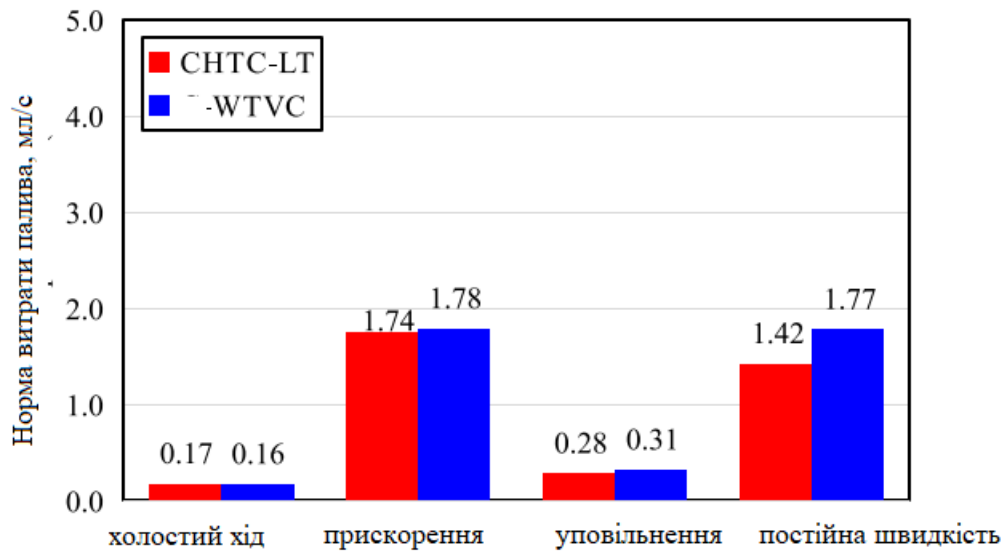


Рис. 4.14. Швидкість споживання палива легкових та вантажних автомобілів за різними умовами експлуатації (WTVС і CHTC-LT).

Ключовими чинниками, які спричинили менше споживання палива в CHTC-LT виражене у л/100 км, були скорочення тривалості режиму розгону та зниження витрат палива під час руху з постійною швидкістю.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги до оснащення дорожніх транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння

Технічний стан дорожніх транспортних засобів повинен відповідати вимогам стандартів, Правил пожежної безпеки України, Правил дорожнього руху, Правил охорони праці на автотранспорті, Правил технічної експлуатації, нормативних актів з охорони навколишнього середовища, інструкцій підприємств-виробників, реєстраційних документів та іншої нормативної документації. Дорожні транспортні засоби повинні оснащуватися вогнегасниками відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97 № 1128 «Про забезпечення транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння».

Легкові автомобілі оснащуються одним порошковим вогнегасником ВП-2, вантажні автомобілі двовісні - одним ВП-2 або вуглекислотним ВВК-5, багатовісні - одним порошковим ВП-5. Приміщення для пасажирів в автобусі оснащується одним повітряно-пінним вогнегасником ВПП-9 та вуглекислотним ВВК-7.

Автомобілі (автобуси) для перевезення пасажирів у кількості:

до 8 - оснащуються вогнегасником порошковим ВП-2;

до 30 - оснащуються вогнегасниками порошковими ВП-2 (або ВП-5) та вуглекислотним ВВК-5;

понад 30, а також дорожні транспортні засоби для вахтових бригад - одним порошковим ВП-5 та ВП-2 (або ВП-5 та вуглекислотним ВВК-5).

Автоцистерни для транспортування нафтопродуктів та інші дорожні транспортні засоби для перевезення небезпечних вантажів оснащуються двома порошковими вогнегасниками ВП-5 та одним вуглекислотним вогнегасником ВВК-7.

Причіп-автоцистерна для транспортування нафтопродуктів оснащується двома порошковими вогнегасниками ВП-5 та вуглекислотним ВВК-7: один

перебуває на шасі, два - на цистерні або в кузові з небезпечним вантажем. На великовагових автомобілях-самоскидах повинен бути один вогнегасник ВП-5.

Пересувні ремонтні майстерні та лабораторії, інші дорожні транспортні засоби типу «фургон», що монтуються на автомобільних шасі, повинні оснащуватись двома порошковими вогнегасниками ВП-2 або одним ВП-2 та вуглекислотним ВВК-7.

В усіх автомобілях вогнегасники розміщуються в кабіні безпосередньо біля водія в легкодоступному для нього місці. Вогнегасники, які розміщують поза кабіною, потрібно захищати від впливу атмосферних опадів, сонячних променів і бруду.

Вогнегасник у легкових автомобілях кріпиться зліва (спереду) під сидінням водія або під переднім сидінням для пасажирів - таким чином, щоб не виникали перешкоди при регулюванні положення крісла водія і не існувала загроза його травмування. Місцями кріплення вогнегасників у кабіні вантажних автомобілів можуть бути задні кути та задня стінка кабін.

У пасажирських салонах автобуса вогнегасники слід розміщувати приблизно на рівні центра вікон або вище в передньому куті салону для забезпечення їх цілості, для можливого контролю з боку водія та доступу до них через передні двері. Найбільш зручними місцями для ВП-5 та ВВК-5 в автобусах великого класу є стінка кабін з боку водія або місце під правим переднім кріслом для пасажирів. На автоцистерні вогнегасник може бути розміщений на торцевій передній частині або на лівому її борті, висота кріплення - не більше 1,8 м.

Допускається кріплення вогнегасників в нахилому або горизонтальному положенні корпусу. Індикатор тиску вогнегасника закачувального типу повинен бути добре видимим, щоб можна було контролювати тиск без зняття вогнегасника з кронштейна. Допускається короткочасне перебування вогнегасників у воді, коли вантажні автомобілі рухаються вбрід через водоймище. Забороняється зберігання вогнегасників у багажнику легкового автомобіля, кузові вантажного автомобіля та інших місцях, доступ до яких є складним. Вогнегасниками дорожні транспортні засоби комплектуються переважно на заводах-виробниках.

Конструкція кронштейна вогнегасника повинна бути надійною, щоб виключалася імовірність випадання з нього вогнегасника під час руху автомобіля, а також при зіткненні або ударі його об перешкоду. Конструкція кронштейна, який належить до комплекту вогнегасника, що використовується на автотранспорті, повинна бути узгоджена з розробником або виробником автомобілів.

5.2 Підвищення захисних властивостей житла

Готовність цивільної оборони до виконання покладених на неї завдань, у кінцевому рахунку, визначається її здатністю виконувати підготовку і проведення комплексу заходів, направлених на захист населення на території всієї нашої країни. Одним із заходів є забезпечення своєчасного одержання сигналів, команд, розпоряджень органів виконавчої влади і органів управління у сфері цивільної оборони, захисту населення і територій від НС. Потужна і широко розгалужена мережа радіотрансляційних центрів і радіомовних станцій, створена у нашій країні, забезпечує сприятливі умови для передачі розпоряджень і сигналів оповіщення ЦЗ.

Щоб своєчасно одержувати в загрозливий період сигнали оповіщення, необхідно на кожному підприємстві, у кожній установі, навчальному закладі, сільськогосподарському підприємству, а також у кожному будинку тримати постійно ввімкнутими у мережу радіоприймачі, гучномовці, телевізори, налаштованими на одну із радіомовних станцій країни або основну програму. Навіть переносні транзисторні приймачі повинні бути постійно налаштовані на прийом. Для їх безперебійної роботи треба завчасно потурбуватись про джерела живлення (батарейки і ін.). Місцеві радіотрансляційні вузли підприємств, установ, організацій слід перевести на цілодобову роботу. Все це дасть можливість у будь-який час вдень і вночі у різних куточках країни прийняти розпорядження органів влади і сигнали оповіщення цивільної оборони, а відтак, і своєчасно підготуватися до захисту.

Довгий час основним сигналом цивільної оборони був сигнал «Повітряна тривога». Почувши сирену, всі повинні були укритися у захисних спорудах

(сховищах, підвалах, льохах, укриттях). На наш час, щоб привернути увагу людей, будуть звучати електричні і ручні сигнали, гудки підприємств і транспортних засобів.

Це – сигнал цивільної оборони «Увага всім!». Почувши його не губіться. негайно ввімкніть удома, на роботі репродуктор радіотрансляції, телевізор, радіоприймач, наладовавши їх на основну програму місцевого мовлення (якщо це не зроблено заздалегідь). Щоб проінформувати про небезпеку, що загрожує тим, у кого немає ні радіо, ні телевізора, а також тих, хто працює у полі, у лісі, на будівництвах і інших віддалених місцях, використовують телефон, інші пересувні гучномовні установки, посланців на транспортних засобах, на конях, пішки.

На наш час вимоги до оповіщення різко змінилися, з огляду на дальність польотів літаків, ракет, їх швидкостей, що зросли, і те, що влаштовувало нещодавно, не може бути застосовано сьогодні, якщо ми не хочемо мати велику кількість невинуватених жертв.

Радіоактивне зараження місцевості – підступний і небезпечний фактор ураження. Воно розповсюджується навіть на ті райони, котрі не піддавалися дії надзвичайної ситуації, тому що утворена при аварії на АЕС радіоактивна хмара може переміщуватись на великі відстані.

Радіоактивні речовини не мають ніяких видимих ознак, а радіоактивне зараження не викликає у момент опромінення ніяких подразнюючих чи больових відчуттів, їх можна виявити лише за допомогою спеціальних дозиметричних приладів (індикаторів радіоактивності, рентгенометрів і т.д.), які є на об'єктах, в органах управління і силах ЦЗ. Люди можуть і не підозрювати, що вони і їх житло потрапили у зону радіоактивного зараження.

Зараження території підприємства, ураження робітників, службовців і населення прилеглого житлового масиву може відбутися у випадку виробничої аварії на об'єктах, що використовують сильнодіючі отруйні речовини (СДОР).

На розповсюдження СДОР можуть справити вплив напрям вітру і його швидкість, умови місцевості і рослинного покриття.

Якщо населення проживає поблизу хімічнонебезпечних об'єктів, де маються запаси СДОР (холодильні установки, водопровідні станції, хімічні і

нафтопереробні підприємства і ін.), то слід попередити населення, з яким СДОР вони можуть реально зустрітися.

Таким чином, територія, що зазнала дії СДОР, включає місце його безпосереднього розливу, тобто осередок хімічного ураження і зону хімічного зараження, що утворилась у результаті розповсюдження парів. Зона хімічного зараження поділяється на дві частини: зону надзвичайно небезпечного зараження і зону зараження.

По мірі віддалення від місця вибуху (викиду) на АЕС або розливу СДОР рівні радіації або хімічного зараження постійно зменшуються. Але оскільки невідомо, у якому районі можуть опинитися люди і їх житло, необхідно скрізь вживати всі заходи до захисту людей, житлових і виробничих будівель, різних споруд від радіоактивного і хімічного зараження.

Радіоактивне зараження відбувається у момент випадання радіоактивних опадів, а також тоді, коли піднятий вітром, машинами, людьми радіоактивний пил проникає всередину будівель і споруд.

Населення на цей випадок повинно вжити ряд заходів. Для того, щоб захистити свій дім, квартиру від проникнення радіоактивного пилу і СДОР, треба зарівняти усі щілини у вікнах і дверях, закрити витяжки і димоходи, поставити на дверях ущільнювачі із гуми, повсті, губчастих гумовотехнічних матеріалів.

У кам'яних будівлях щілини зарівнюють шпаклівкою або штукатурним розчином, у дерев'яних проконопачуються. Конструкції із дерев'яних збірних щитів склеюють двома шарами паперу. Віконні шибки рекомендується проконопачувати і, якщо треба, промазати замазкою. Розбиті шибки замінюються новими.

Крім проведення робіт по захисту від проникнення радіоактивного пилу і СДОР необхідно посилити захисні властивості кожного будинку від радіоактивного випромінювання (проникаючої радіації). Віконні прорізи, особливо дерев'яних будинків, закладаються цеглою, мішками з піском або землею. Стіни першого поверху будівель обсыпаються ґрунтом на висоту 1,8 від підлоги. Для кріплення ґрунтового обсіпання можна застосовувати тини, дошки і т. д. На перекриття насипається допоміжний шар ґрунту.

При будівництві або ремонті підвалів і льохів ще у мирний час треба робити їх перекриття з таким розрахунком, щоб у випадку необхідності на них можна було насипати шар ґрунту товщиною 60-90 см.

Таким чином, проведені заходи посилять захисні властивості будинку, квартири, скоротять ймовірні втрати серед людей.

Профілактичні протипожежні заходи проводяться з метою зменшення можливості виникнення і розповсюдження пожеж. Своєчасне проведення попереджувальних заходів населенням знизить можливість виникнення пожеж і займань і зменшує імовірність їх швидкого розповсюдження.

Для попередження пожеж у квартирі треба зняти з вікон завіски і тканинні штори, замість них повісити штори із білого паперу або тканини, попередньо просочені розчином борної кислоти або бури. Таке просочення надає паперу або тканині вогнетривкості. По можливості треба зробити на вікні дерев'яні віконниці (щити), пофарбувавши їх ззовні у білий колір або покривши вогнетривкою речовиною. Шибки вікон бажано покрити розчином вапна або крейди. Для отримання вапняного розчину треба змішати 10 вагових частин вапна, 1 частину жиру і 3 частини води. Легкоспалахуючі предмети (картини, меблі) слід поставити у простінки. Одяг, взуття, книги, якими не користуються, треба скласти у шафи або валізи. Гас, бензин та інші горючі матеріали необхідно винести із будинку і тримати у безпечних місцях.

Дерев'яні споруди (сараї, паркани), що не являють собою особливої цінності, слід розібрати (дошки і колоди можна використовувати при будівництві укриттів). Старі дерев'яні будівлі для підвищення їх вогнетривкості обмазуються глиняним або вапняним розчином. Усі горища, сходові клітки, тамбури і комори повинні бути звільнені від громіздких і непотрібних речей. На горищах дерев'яну тирсу, торф, мох, що використовуються для утеплення, по можливості замінити вогнетривкими матеріалами: піском, шлаком, сухою землею, глиною. Захисний шар повинен бути 5-10 см, наскільки дають можливість перекриття. Перевірте, чи добре відчиняються двері, що ведуть у коридори і на сходові площадки. Стіни та інші частини дерев'яного будинку обмажте глиняним розчином – вони будуть більш вогнетривкими.

Необхідно підготувати засоби пожежогасіння: налити воду у діжки, баки і ванни, заповнити піском ящики і поставити їх так, щоб вони не заважали вільному виходу із квартири. Підготувати наявний протипожежний інвентар (відра, багри, драбини та ін.). Слід перевірити справність пожежних кранів і вогнегасників і у випадку необхідності вжити заходів до їх виправлення або заміни. [25]

Дуже важливо, щоб кожен житель будинку ознайомився з розташуванням вводів і пристроїв відключення будинкових комунальних мереж. Це дасть можливість своєчасно відключити у випадку пошкодження. Залишаючи будинок, не можна кидати ввімкнутими електроприлади, запалені газові плити, примуси і керосини, що горять, плити, що топляться, особливо уважним слід бути після оголошення загрозливого положення. Крім того, кожній людині необхідно знати елементарні правила гасіння займань і пожеж і діяти у боротьбі з вогнем сміливо і енергійно.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота магістра, яка вивчає підвищення ефективності експлуатації автомобілів, є глибоким та систематичним аналізом низки важливих аспектів у сфері автомобілебудування та експлуатації автотранспорту. Робота організована у кілька ключових розділів, кожен з яких вирішує певні задачі та вносить вклад у загальне дослідження.

Загально-технічний розділ зосереджений на огляді реформ у глобальній автопромисловості, аналізі стратегій скорочення викидів CO₂ та оптимізації споживання палива. Це важливо для розуміння сучасних трендів і визначення напрямків подальшої роботи.

Технологічний розділ охоплює практичні аспекти покращення технічного обслуговування автомобілів, оптимізацію водіння, застосування новітніх технологій та методів контролю тиску в шинах. Ці дії спрямовані на підвищення ефективності використання палива і загальної проїздної спроможності автомобілів.

Конструкторський розділ займається розробкою та вдосконаленням стенду для тягово-динамічних випробувань, що є критично важливим для тестування та валідації розроблених рішень у реальних умовах.

Науково-дослідний розділ включає в себе аналіз даних, отриманих в ході експериментів, і оцінку впливу зовнішніх умов на споживання палива, що дозволяє глибше зрозуміти динаміку роботи автомобілів у різних умовах.

Розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях важливий для забезпечення безпеки під час експлуатації автомобілів, що включає норми та стандарти щодо оснащення транспортних засобів засобами пожежогасіння.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
2. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
3. Технічний контроль стану дорожніх машин / Малишев В., Кущевська Н., Петренко Т, Докуніхін В. - Університет "Україна", 2022. 252 с.
4. Кисликов В.Ф., В.В. Лущик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
5. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
6. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
7. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
8. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
9. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
10. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
11. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).

12. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258. (Scopus).

13. Sakhno, V.P., Yashchenko, D.M., Marchuk, R.M., Marchuk, N.M., Lyashuk, O.L.. Research of a truck train movement when driving semi-trailer by slow downing wheels of one axis pin on the mode. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering Open Access Volume 17, Issue 1, 1 January 2020, Pages 7749-7757 <https://www.scopus>.

14. Information Technologies Use in the Study of Functional Properties of Wheeled Vehicles. Lyashuk O., Stashkiv M., Lytvynenko Iaroslav, Sakhno V., Khoroshun R. CEUR Workshop Proceedings. 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems, ITTAP 2023. Ternopil 22 November 2023 до 24 November 2023. 3628, с. 370-381. <https://www.scopus>.

15. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. – № 2 (21). Луцьк: 2023. - С. 135 – 144.

16. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.

17. Comprehensive Assessment Of Technical Condition Of Vehicles During Operation Based On Harrington's Desirability Function. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., Titova L., Hryniv A., Mironov D., Volianskyi M., Rogatynskyi R., Solomka O., Lysenko S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology Center. Ukraine. Том 1. Випуск 3(127), 2024. с. 37-46.

18. Rogatynskyi, R., Lyashuk, O., Hevko I., Horoshyn, R., & Shevchuk, V. (2023). Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 28, 115-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.28.2023.11>

19. Ляшук О. Л., Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Хорошун Р. В., Кашканова Г. Г., Антонюк О. П. Модель проходження повороту автомобілем . Вісник машинобудування та транспорту, ВНТУ.- No2(18) 2023.- С. 91-97.

20. Синтез підвіски автотранспортних засобів/ І.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Р.М. Рогатинський, А.Й. Матвіїшин, Р.В. Хорошун/ Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. -№ 8(39)_I, 2023.-С. 153-164.

21. Liashuk O., Hevko I., Hud V., Khoroshun R., Hevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). С 93-103.

22. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>. (Scopus).

23. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.

24. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Міронов, Л.М. Слободян, Р.М. Рогатинський Оптимальний комплекс операцій технічного обслуговування і ремонту для підвищення надійності вузлів, систем та агрегатів мобільних машин Збірник наукових праць. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Випуск № 8(39)_II. - Кропивницький. - 2023. - С. 175-189.

25. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.