

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування
підвіски автомобілів Toyota Corolla E150 з дослідженням підшипників кочення
акустичними методами

Виконав студент 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Шимків А.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Слободян Л.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Левкович М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Цьонь О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

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

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«20» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Шимківу Арсену Святославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування підвіски автомобілів Toyota Corolla E150 з дослідженням підшипників кочення акустичними методами

Керівник роботи Слободян Любомир Михайлович., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1072

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підвіски автомобілів Toyota Corolla E150

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)

Огляд схем, будови та різновиду підвісок автомобілів – 2А1.

Таблиця несправностей підвіски автомобіля – 1А1.

Приспосіблення для стискання пружини – 1А2.

Приспосіблення для зняття пальців рульових тяг – 1А2.

Стенд для перевірки амортизаторів – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

План ділянки ремонту підвіски автомобіля – 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 20.11.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	25.11.2023	
2	Технологічний розділ	31.11.2023	
3	Конструкторський розділ	06.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	08.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	22.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент

(підпис)

Шимків А.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Слободян Л.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Удосконалення технологічного процесу технічного обслуговування підвіски автомобілів Toyota Corolla E150 з дослідженням підшипників кочення акустичними методами».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра к.т.н., Слободян Л.М.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 61 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 1 сторінки додатків.

Ключові слова: аналіз, шум, підшипник, діагностик, підвіска.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Огляд підвіски автомобіля.....	7
1.2 Стійки стабілізатора.....	9
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Демонтаж та установка важільних механізмів.....	13
2.2 Демонтаж та установка нових сайлентблоків.....	14
2.3 Заміна та знос стабілізуючих стійок.....	15
2.4 Ретельне огляд стабілізуючого амортизатора.....	18
2.5 Методика відновлення амортизатора стабілізатора.....	19
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	23
3.1 Обладнання для виконання дослідницьких робіт у лабораторних умовах	23
3.2 Обладнання для діагностики та ТО підвіски автомобіля.....	30
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	33
4.1 Аналіз даних та оцінювання точності отриманих результатів при вимірюванні акустичних характеристик підшипників.....	33
4.2 Виконання вимірювань радіального відхилення.....	44
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
5.1 Організація управління охороною праці на підприємстві.....	50
5.2 Структура і завдання Єдиної державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	58
БІБЛІОГРАФІЯ.....	59
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному автомобілебудуванні ключовим аспектом якості і надійності автомобілів є ефективність технічного обслуговування. Ця магістерська робота зосереджена на удосконаленні технологічного процесу технічного обслуговування підвіски автомобілів Toyota Corolla E150, з особливим акцентом на дослідження підшипників кочення за допомогою акустичних методів.

Toyota Corolla E150, відома своєю надійністю та довговічністю, все ж вимагає регулярного та точного технічного обслуговування для підтримки своїх характеристик. Основна увага в цій роботі приділяється підвісці, критичному компоненту, який значно впливає на безпеку та комфорт під час водіння.

Застосування акустичних методів для діагностики стану підшипників кочення відкриває нові можливості для раннього виявлення зносу або пошкоджень, що можуть значно знизити ризики виникнення аварійних ситуацій і подовжити термін служби автомобіля. Цей підхід дозволяє виявляти неполадки на ранніх стадіях, що є критично важливим для запобігання дорогому ремонту та збереження високих стандартів безпеки.

Мета цієї роботи полягає в розробці рекомендацій для удосконалення процесів технічного обслуговування, зокрема, уточнення методів акустичної діагностики, що дозволить оптимізувати час та витрати на обслуговування, при цьому забезпечуючи високий рівень безпеки та надійності автомобілів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Огляд підвіски автомобіля

Підвіска рис. 1.1. служить як з'єднувальний елемент між кузовом чи рамою автомобіля та його колесами. Вона забезпечує не тільки гнучкість з'єднань, але й контролює рух коліс. За рахунок підвісної системи колеса мають змогу переміщатися у вертикальному напрямку, водночас обмежуючи їхню здатність до кутових та бічних рухів, що суттєво збільшує стабільність автомобіля.

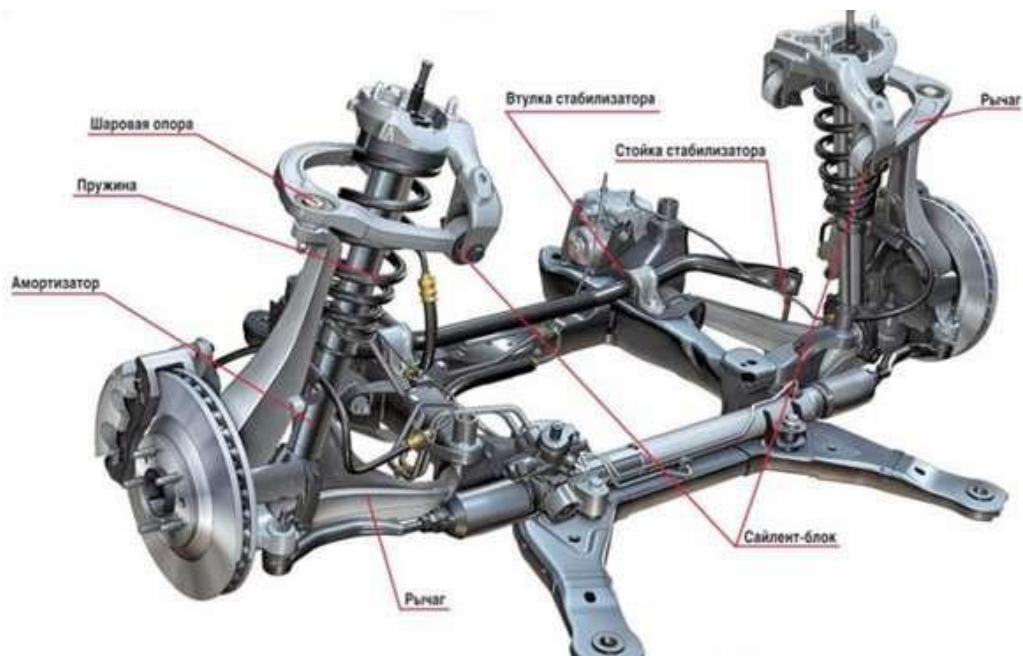


Рис. 1.1. підвіска Toyota Corolla 150.

Керування автомобілем з дисбалансованою чи низькоякісною підвісною системою фактично нездійсненне. У такому разі, авто буде неконтрольовано рухатися по дорозі при будь-якому зовнішньому впливі, адже удари транслюватимуться на кузов машини.

До компонентів системи підвіски належать:

з'єднувальні ричаги;

демпфери;

стійки керма;

диски гальм;
направляючі ричаги;
ступиці коліс;
рама;

гумові втулки задньої та передньої осі, підпірки, фіксатори та інші кріпильні деталі.

Передній механізм підвіски формують телескопічні амортизаційні стійки. Це важільна підвіска з крученими пружинами, що працюють незалежно одна від одної. У її склад входять поперечні ричаги та стабілізатор. Головні завдання цих компонентів – це зниження впливу ударів, забезпечення стабільності, захист частин від швидкого зносу та забезпечення комфортного руху. Гумові втулки на задній осі Toyota також сприяють згладжуванню ходу машини.

Серед вразливих точок у підвісці Toyota Corolla виокремлюють з'єднувальні деталі. Це відбувається через те, що вони піддаються інтенсивному навантаженню та швидко витрачаються. Гумові компоненти слід своєчасно замінювати на відповідні, так само як і кріпильні елементи з пошкодженою різьбою.

Під час ремонту автомобіля критично важливо купувати оригінальні або аналогічні за якістю запчастини. Деякі власники авто надають перевагу неоригінальним компонентам для підвіски, оскільки їх часто розглядають як розхідні матеріали.



Рис. 1.2. Оригінальні та альтернативні ричаги

В деяких ситуаціях купівля альтернативного виробу може бути кращим вибором, оскільки оригінальні частини для Corolla можуть бути високою вартістю. Це обумовлено швидким зношуванням ричагів у цій моделі, що вважаються чутливою зоною. Використання схожих за якістю деталей дозволить власникам авто економити гроші.

Таким чином, існує широкий асортимент комплектуючих, тому рекомендується відвідати декілька магазинів перед покупкою.

У випадку з гумовими втулками ситуація подібна. Оригінальні деталі мають артикул 4347452030. Вартість їх порівняно невисока, тому оптимальним варіантом буде купівля гумових втулок безпосередньо від виробника автомобіля.

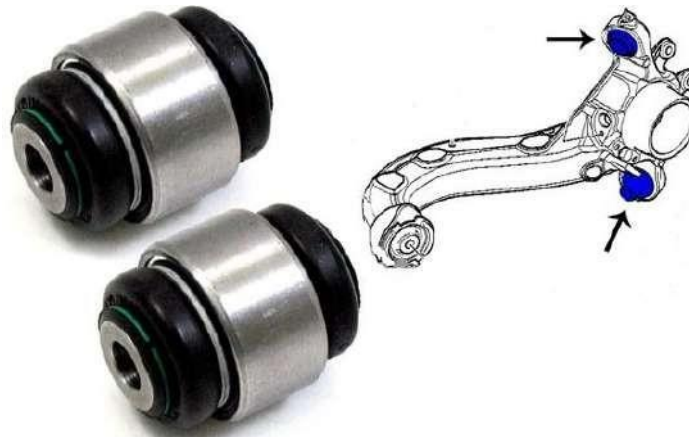


Рис. 1.3. Гумові втулки Toyota Corolla.

1.2 Стійки стабілізатора

Вдосконалення характеристик автомобіля в руху і підвищення забезпечення безпеки та комфорту під час водіння призвели до включення в конструкцію підвіски елемента, що стабілізує бічну стійкість. Цей елемент може бути встановлений на передню або задню вісь автомобіля, і його нерухоме закріплення забезпечують спеціальні компоненти стабілізатора.



Рис. 1.4. Компоненти, що забезпечують стійкість на автомобілі, пов'язані з функціонуванням стабілізатора.

У більшості автомобілів, елементи, які відповідають за стабілізацію, мають вигляд вузлів, розмір яких коливається від 4 до 20 міліметрів. З обох сторін цих вузлів розташовані спеціальні механізми, що мають різноманітну будову. Також існують конструкції, де відсутні механічні з'єднання. У фотографії нижче можна побачити типовий вигляд стабілізуючого вузла.



Рис. 1.5. Кріплення стабілізуючого механізму.

Текст перефразовано таким чином, щоб уникнути схожості слів: Елементи кріплення стабілізуючого механізму не є однією цілісною частиною. З'єднувальний елемент приєднується до центральної вісі зварюванням. Такий підхід використовується з міркувань безпеки. Район, де знаходиться зварний шов, відомий як тонкий сегмент. Цей сегмент є трохи вужчим порівняно з іншими частинами та володіє меншою міцністю. У разі перевищення навантаження, ламається саме в цьому місці. Якщо б така конструкція не була застосована, точку ламу було б складно визначити, і елемент міг би пошкодити дно транспортного засобу.

Амортизатори можуть бути розміщені спереду чи ззаду, у відповідності до осі, де знаходиться стабілізуючий елемент. Вони забезпечують гнучке з'єднання цього компоненту з підвісною системою. Щоб оглянути амортизатори, необхідно отримати доступ до нижньої частини автомобіля або зняти колесо.

Амортизаційні елементи необхідні для обмеження руху, з'єднуючи стабілізуючий елемент з поворотними вузлами, основою колеса, рукоятями або іншими компонентами підвіски, залежно від дизайну. Це сприяє збільшенню стабільності автомобіля при поворотах, оминанні перешкод або гальмуванні.

Амортизаційний елемент стабілізатора, подібно до поліуретанових або гумових втулок, виступає як амортизатор, зменшуючи навантаження, передане на кузов.

Ефект від передніх та задніх елементів стабілізації на автомобіль найбільш відчутний, коли водій вирішує самостійно проводити модифікації підвісної системи. Це впливає на комфортність, управління та безпеку транспортного засобу. Різноманітні варіанти, які часто обирають власники авто, представлені у таблиці нижче.

Переважна частина власників транспортних засобів вважає, що укріплені амортизатори негативно впливають на авто. Неможливо досягти рівня управління, як у спортивних авто, шляхом модифікації підвісних елементів, а якість проходження через нерівності погіршується через збільшену жорсткість підвіски. Особливо ризиковані саморобні підвісні елементи, які, за твердженнями власників, не зношуються. Такі довговічні амортизатори

перестають виконувати захисну функцію через підвищену міцність і не задовольняють норми безпеки. Любе надлишкове навантаження може призвести до серйозних пошкоджень підвіски, яких могла б уникнути звичайна підвісна деталь своїм зломом.

Амортизатори спільно зі стабілізуючим механізмом зменшують нахил, підіймаючи або знижуючи корпус автомобіля, натискаючи на колесо або відводячи його. За їх допомогою, обидві сторони осі з незалежною підвіскою функціонують, враховуючи взаємний вплив. Діаграма, розміщена нижче, демонструє принцип роботи амортизаторів та стабілізуючого механізму.

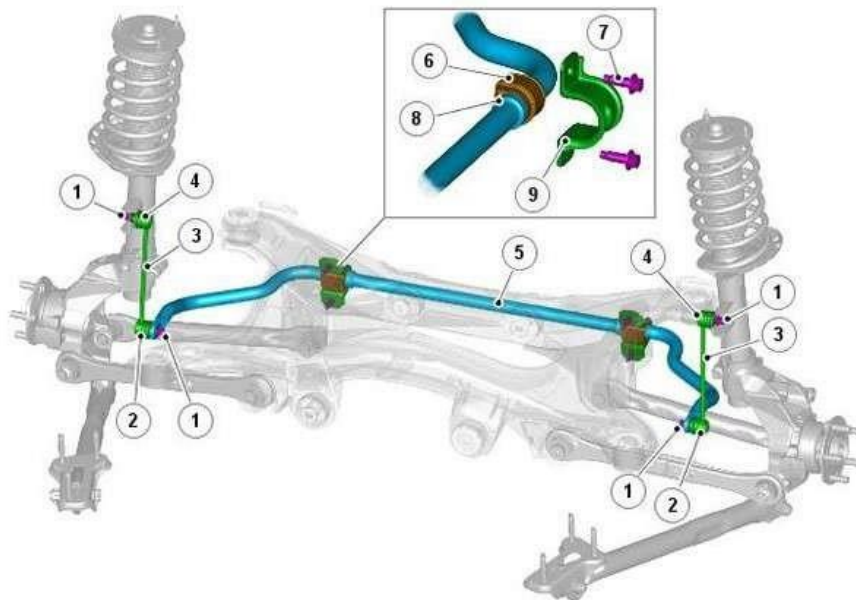


Рис. 1.6.

Тяги стабілізації на передньому підвісному механізмі.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Демонтаж та установка важільних механізмів

У передніх рукоятях використовуються гумово-металічні з'єднувачі, які мають вигляд металевих втулок. Ці втулки зазвичай містять вставки з поліуретану або гуми. Багато власників авто відмічають, що ці втулки слід міняти регулярно через знос. Натомість сайлентблоки часто залишаються ефективними навіть після проїзду ста тисяч кілометрів. Зазвичай метал і гума стають менш ефективними при частому русі по нерівних дорогах. При зносі деталей може виникати неприємний шум. Тому їх доведеться замінювати.

У разі виникнення легкого стуку в районі передньої підвіски, слід перевірити елементи ходової частини, піднявши автомобіль на ліфт. Використовуйте монтажний інструмент та уважно огляньте всі сполуки компонентів та цілісність гумових елементів.

Щоб ефективно замінити важелі, потрібно розмістити автомобіль у котловані або на підйомнику таким чином, щоб передня ось була вивішена, а колеса повністю зняті. Далі від'єднайте важіль від кульової опори. Для цього демонтуйте один болт і дві гайки. Потім відкрутіть два болти, які утримують кронштейни. Для вилучення важеля також відкрутіть кріплення переднього сайлентблока (один болт).

Оскільки важіль прикріплюється до підрамника і може ламатися під час вилучення, рекомендується попередньо нагріти його будь-яким доступним способом, перш ніж знімати.

Монтаж нових важелів замість старих зазвичай простий, оскільки елементи кріплення легко входять у відведені для них отвори без необхідності використання додаткової сили. Після того, як ви впевнитесь у правильності установки компонентів, можна приступати до збірки механізму в оберненому порядку. Тобто, закручуємо назад болти та гайки на їх місця. Не забудьте переконатися, що всі деталі надійно з'єднані і не мають люфту.

2.2 Демонтаж та установка нових сайлентблоків

Зрозуміло, що термін служби не безкінечний, і після проїзду декількох сотень кілометрів вам буде потрібно їх замінити. Цей процес відносно нескладний, тому встановлення нових компонентів можна здійснити у домашніх умовах без необхідності звернення до сервісного центру.

Розмістіть авто над автомобільною ямою. Це полегшує доступ до механізмів і пришвидшує процес монтажу. Потім підійміть автомобіль за допомогою домкрата. Відкрутіть кульову опору та обережно зніміть сквозний болт (для переднього сайлентблока) та кронштейн (для заднього).

Знімати зазначені компоненти не вимагає надмірних зусиль. Якщо передній болт відкручується з труднощами, використовуйте будь-який доступний інструмент. Також можна просто розрізати деталь болгаркою та витягнути її. Якщо передній болт не вдається вибити, нагрійте його за допомогою зварювального обладнання та спробуйте знову. В результаті, ви уникнете пошкодження автомобіля та зможете вилучити деталі без особливих проблем.

Тепер можна приступити до безпосередньої установки нових сайлентблоків. Передні елементи зазвичай легко вилучаються з їх пазів, оскільки вони кріпляться не дуже міцно. Очищаємо контактні поверхні та змащуємо нові компоненти. Після цього залишається тільки впресувати сайлентблоки. Використовуємо для цього головку та прес. Натискайте на сайлентблоки до тих пір, поки вони не займуть своє місце.

Задні сайлентблоки оббийте молотком з кожного боку і відріжте. Без попереднього ослаблення процес демонтажу може затягнутися. Після цього зніміть пильник і відкиньте його. Ця частина механізму більше не знадобиться.

Необхідно встановити новий сайлентблок замість старого. Використовуйте той самий прес, що був застосований для монтажу переднього сайлентблока. Уникайте використання вторинних інструментів, таких як молоток або киянка, оскільки вони можуть спричинити пошкодження та нерівності. Очистіть поверхню, нанесіть мастило і помістіть компонент на його місце.

Після успішного впресування задніх та передніх сайлентблоків, переходимо до фінального етапу. Встановлюємо назад усі демонтовані компоненти в оберненій послідовності та перевіряємо функціональність механізму. Заміна важелів та сайлентблоків на Toyota Corolla - це нескладний та швидкий процес, який можна здійснити самостійно без необхідності звертатися до автосервісу.

Основним фактором успішності є вибір відповідних замінників, які ідеально підходять для специфічної моделі автомобіля. Немає необхідності переплачувати за відомі марки: ключовим є те, щоб деталі були виготовлені з високоякісних матеріалів.

2.3 Заміна та знос стабілізуючих стійок

Підвіска авто грає ключову роль не лише у забезпеченні безпеки водія, пасажирів і інших учасників дорожнього руху, але й впливає на багато інших аспектів. Важливо уважно стежити за станом всіх її елементів, особливо за втулками стабілізаційних стійок рис. 2.1. Знос цих компонентів можна виявити візуально без необхідності демонтажу колеса.



Рис. 2.1. При перевірці компонентів стабілізації.

При перевірці компонентів стабілізації, ось як можна виявити знос цих елементів. Різноманітні аспекти впливають на їхню якість. Початково слід звернути увагу на:

- відстань, яку подолав автомобіль;
- обставини використання транспорту;
- манера керування автовласником;
- рівень якості компонентів машини.

Інтенсивне навантаження припадає на еластичні елементи деталі. Це призводить до швидкого зносу втулки. Вона часто робиться з унікального типу гуми або поліуретану. Зазвичай, такі компоненти мають тривалий термін служби. Проте, в деяких місцях застосовують особливий агент для запобігання обledenіння доріг, який негативно впливає на гумові частини запчастин.

Встановлення нових стабілізаторів у більшості машин є легкою задачею, яка не потребує унікальних інструментів або високих умінь механіка. Щоб збільшити термін служби цих компонентів, достатньо дотримуватися декількох порад:

- уникати перевантаження транспортного засобу;
- оминати їзду на високих швидкостях по дорогах з нерівностями та ямами;
- своєчасно замінювати інші частини підвісної системи.

Застосування вищезгаданих простих рекомендацій може збільшити тривалість служби стабілізаторів. Наприклад, продукти від деяких виробників, як-от TRW, можуть функціонувати в діапазоні від 50 до 100 тисяч кілометрів. При виборі запчастин варто бути обережним, оскільки високоякісні бренди часто мають підробки.

Функціонування, розміщення та методи кріплення цих компонентів у різних марках авто здебільшого однакові. Таким чином, при самостійному монтажі труднощів зазвичай не виникає. У деяких автомобілях можна зняти старі та встановити нові деталі навіть не знімаючи колеса. Ключовим моментом є підготовка усього необхідного для процесу заміни:

- сталева щітка для чищення;
- розчин для видалення іржі;
- рожковий ключ на 16;

імбус на 5.

Якщо у вас є динамометричний ключ, рекомендується його використовувати. Необхідний момент затягування болтів фіксації – 44 Нм. Важливо пам'ятати, що знімати стабілізатор потрібно лише коли він не знаходиться під натягом. Для цього необхідно:

підняти обидва колеса, щоб автомобіль був стабільно підвішений;
вага авто має бути розподілена рівномірно.

Процес заміни включає:

очищення всіх поверхонь за допомогою сталеві щітки і спеціального розчину для видалення іржі;



Рис. 2.2. Демонтаж стабілізуючого тяги.

Необхідно відкрутити гайку кріплення стабілізатора за допомогою рожкового ключа на 16, одночасно тримаючи палець кульового шарніра, щоб запобігти його обертанню, використовуючи імбус на 5;

Гайки на нижньому кріпленні відкручуються схожим чином;

Потім виконується демонтаж власне амортизатора поперечної стійкості – від'єднується палець кульового шарніра від амортизатора передньої осі підвіски №1, а також від амортизатора поперечної стійкості №4.

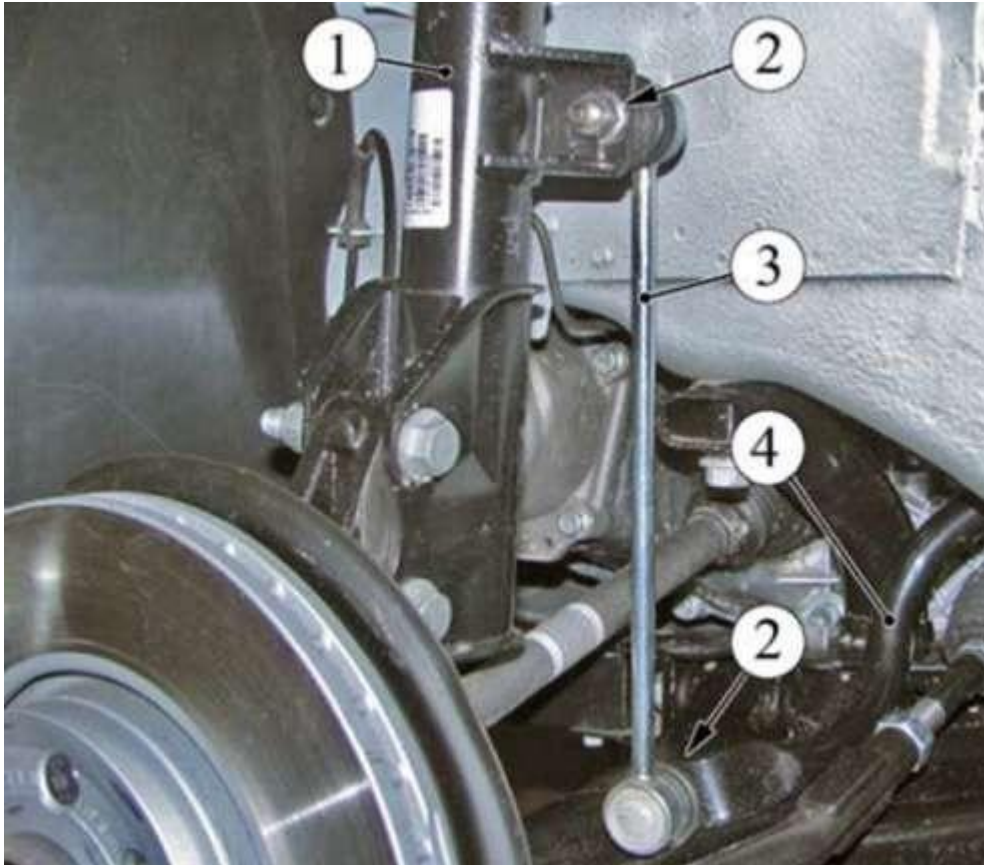


Рис. 2.3. Представлені ключові частини стійки стабілізатора

Монтаж виконується в оберненій послідовності. Перевірка стабілізаторів є простою. Необхідно витягнути верхній палець кульового шарніра. Далі потрібно міцно вхопити його і енергійно струсити вгору та вниз. Якщо чути стукіт, це свідчить про несправність.

2.4 Ретельне огляд стабілізуючого амортизатора

Найбільш ґрунтовний аналіз амортизатора стабілізації можливий шляхом його видалення з транспортного засобу. Власники авто не рекомендують часто вдаватися до демонтажу деталей, оскільки кріпильні елементи зазвичай піддаються дії агресивного середовища та схильні до сильного заржавіння.

Опісля демонтажу необхідно ретельно перевірити гумові частини. Зазвичай вони можуть втратити еластичність, змінити колір або мати видимі механічні пошкодження.

Під час перевірки тяг стабілізатора, що містять шарніри, важливо зняти захисні ковпачки та перевірити рівень мастила під ними. Важливо, щоб під

ковпачками не було вологи чи будь-яких сторонніх забруднень. Також варто уважно оглянути сам шарнір, переконавшись, що на ньому відсутні ознаки корозії чи механічних пошкоджень.



Рис. 2.4. Оцінка функціонування стабілізуючої тяги.



Рис. 2.5. Пошкоджений шарнір стабілізаційної тяги.

2.5 Методика відновлення амортизатора стабілізатора

Більшість власників автомобілів не радять проводити ремонт амортизатора, адже часто після такого відновлення він не здатен працювати

довго. Проте, існує багато способів відновити його функціональність. Один із таких методів описаний далі.

Видалити захисний ковпачок.



Рис. 2.6. Видалений захисний ковпачок тяги стабілізатора.

Прибрати застаріле мастило та застосувати свіже.



Рис. 2.7. Видалити застаріле мастило та застосувати нове.

Закріпити шарнір у верстатних лещатах у положенні, зазначеному на зображенні.

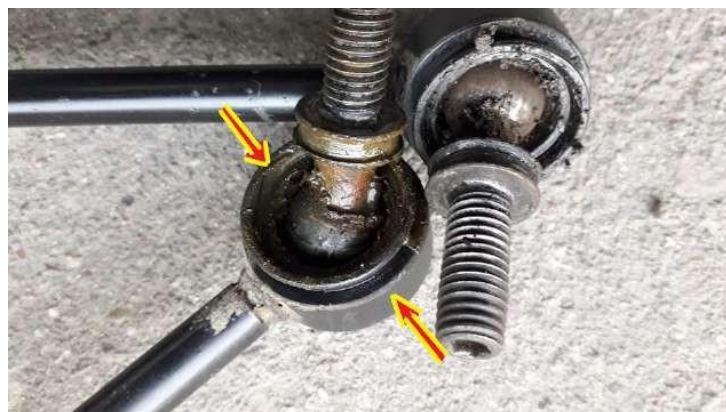


Рис. 2.8. Закріплення шарнір у лещатах.



Рис. 2.9. Видалений захисний ковпачок амортизатора стабілізатора.

Промити очисником



Рис. 2.10. Промивка.

Постукати по оболонці молотком з зубилом.



Рис. 2.11.

Комплексніша методика відновлення амортизатора зазначена далі.
Зробити отвір у бічній частині шарніра.



Рис. 2.12. Виконати свердління бокової частини шарніра.

Вмонтувати прес-мастительник.



Рис. 2.13. Вмонтувати прес-мастительник.

Наповнити мастилом. У разі відлому штока, існують способи вирішення цієї проблеми. За наявності обладнання для зварювання, можливо з'єднати обидва кінці за допомогою цього процесу. Інший варіант - це створення різьби на кінцях та застосування спеціальних кріпильних елементів.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обладнання для виконання дослідницьких робіт у лабораторних умовах

Цей проект зосереджений на аналізі кулькових підшипників, що використовуються в автомобілях, за допомогою удосконаленого лабораторного обладнання. Завданням є застосування звукової діагностики з програмами GoldWave та Spectrogram для порівняння візуалізованих даних, отриманих з лабораторних тестів та випробувального стенду, що визначає тягові та динамічні характеристики транспортних засобів.

Для аналізу віброакустичних характеристик кулькового підшипника було реалізовано декілька фаз експерименту. На першому етапі, підшипник 306 обробляли мастилом №158 і монтували на спеціальне лабораторне обладнання (див. рисунок 3.1). Конструкцію з підшипником розміщували з певною силою натягу на ось, яка була з'єднана з електромотором. Через систему важелів здійснювалась зміна вагового навантаження на ось з підшипником, що дозволяло варіювати тиск на сам підшипник.

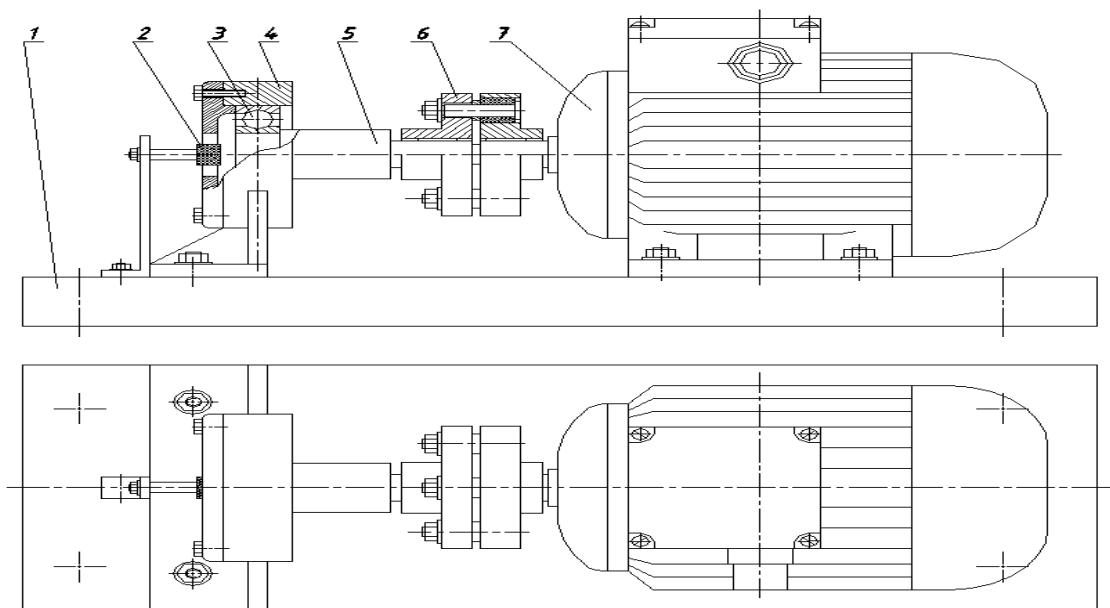
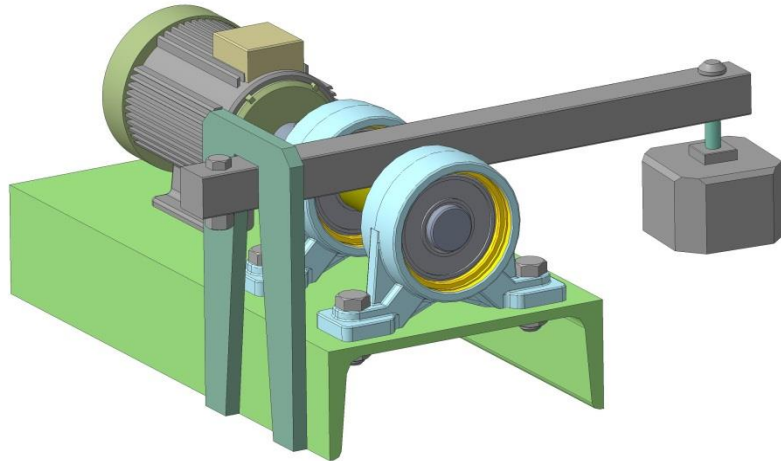


Рис. 3.1. Конфігурація апарату для перевірки кулькових підшипників: 1 - конструкція; 2 - вимірювач шуму; 3 - кульковий підшипник; 4 - база для підшипника; 5 - проміжна ось; 6 - сполучна муфта; 7 - двигун 4АМА71А.



а



б

Рис. 3.2. Тривимірний вигляд системи навантаження та фіксації вузла кулькових підшипників (а) і лабораторний комплекс для акустичного тестування роликів підшипників (б).

Використовуючи аудіо сенсори та комп'ютерне обладнання із відповідними програмами, здійснювався запис аудіофайлів. Після відключення апаратури, виконувалося її часткове демонтажування для заміни підшипників на ті, що містили інше мастило. Наступною кроком був повторний пуск обладнання з підшипниками, змазаними мастилом ЛІТОЛ-24, і реєстрація нових аудіофайлів.

Тестування на другій фазі виконувались у спосіб, подібний до того, що застосовувався для мастила №158. Здійснено кілька серій записів аудіофайлів,

які відображають роботу підшипників із використанням різних видів мастил. Потім, використовуючи програми GoldWave та Spectrogram 16, було проведено детальний аналіз цих записів.

На третій стадії вивчали підшипники від маточини авто за допомогою стенду для аналізу тягових та динамічних характеристик. Використовуючи акустичні сенсори та спеціалізоване програмне забезпечення, було створено аудіофайли, які відображають звукові діагностичні параметри підшипників колісних маточин (див. рисунок 3.3).



Рис. 3.3. Аналіз звукових характеристик підшипників за допомогою випробувального обладнання для вивчення тягових та динамічних властивостей автотранспорту.

Вивчення аудіофайлів, в яких застосовувались різноманітні види мастил, дозволило виявити зміни у віброакустичних характеристиках на початковій стадії дослідження (після 100 годин експлуатації) та у момент критичного зношування підшипника (після 1000 годин роботи). На ілюстраціях 3.3 та 3.4 представлені графіки звукових діагностичних показників для підшипників з мастилами №158 та ЛІТОЛ 24 при навантаженні на підшипник 20 кг. На рисунку 3.3. 3.6 зображено графік акустичних характеристик підшипників колісної маточини автомобіля, який проходив тестування на стенді для аналізу тягових та динамічних параметрів транспортних засобів.

У дослідженні застосовувався електронний мікрофон, який працює на принципах схожих із конденсаторними мікрофонами, використовуючи

статичну електретну пластину як нерухому частину конденсатора та джерело сталого електричного поля.

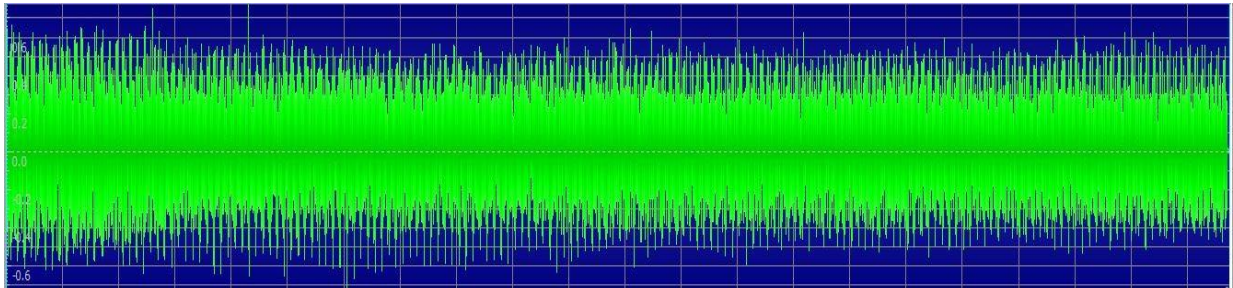


Рис. 3.4. Графік звукових діагностичних характеристик із використанням мастила №158, навантаження 20 кг.

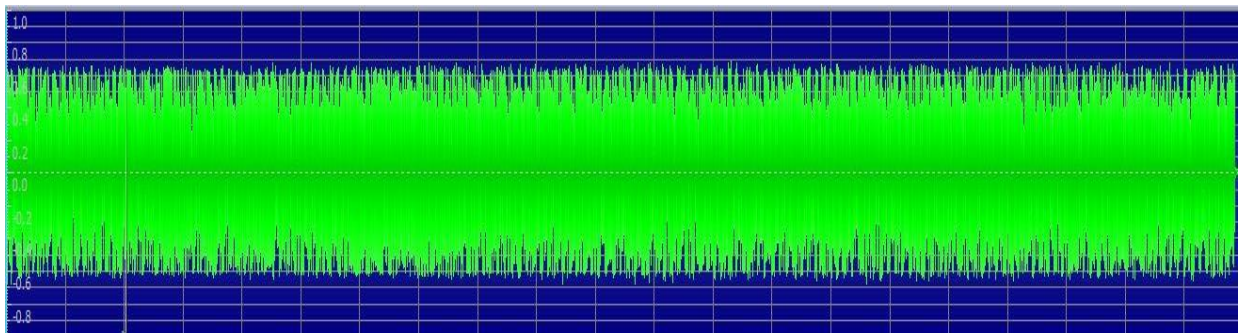


Рис. 3.5. Графік акустичних діагностичних параметрів з використанням мастила ЛІТОЛ-24, навантаження 20 кг.

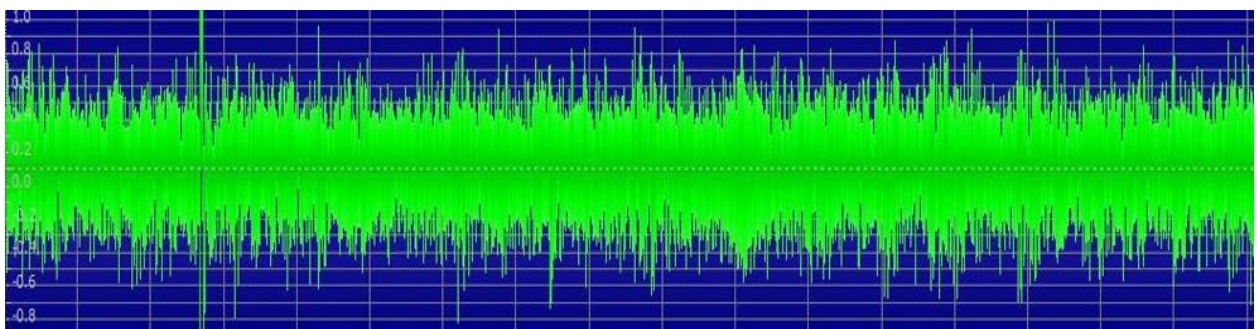


Рис. 3.6. Графік випробувального стенду для тягових та динамічних характеристик.

На сьогоднішній день мікрофони на основі електрету майже цілком замінили мікрофони інших типів. Це пояснюється тим, що вони пропонують стабільну частотну характеристику, невелику вагу та високу надійність за відносно низьку вартість. У сфері мініатюрних мікрофонів, вони не мають альтернатив.

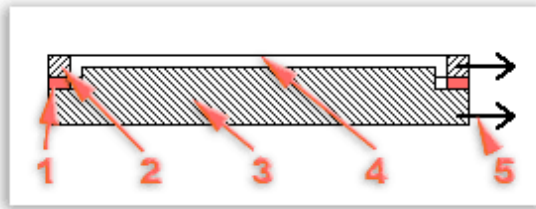


Рис. 3.7. Конструкція електронного мікрофона.

1 - ізолюючий елемент; 2 - металеве кільце з натягнутою мембраною; 3 - база (одна з елементів конденсатора мікрофона); 4 - мембрана (другий елемент конденсатора мікрофона); 5 - виводи мікрофона.

Електронний мікрофон є видом конденсатора, у якому одна з обкладок виконана з ультратонкої поліетиленової мембрани, розтягнутої на металевому кільці. Ця поліетиленова мембрана піддається обробці електронним пучком, який проникає на незначну глибину, утворюючи просторовий електричний заряд, здатний зберігатися протягом тривалого періоду.

Цей вид діелектричних матеріалів відомий як електрети, звідси й назва мікрофона - електронний. На мембрану також наносять дуже тонкий металізований шар, що служить як один із електродів. Протилежним електродом є металевий циліндр, плоска частина якого розміщена на малій відстані від мембрани.

Рух мембрани, спричинений звуковими хвилями, генерує дуже слабкий електричний струм між електродами. Через те, що струм мінімальний та вихідний опір мікрофона може бути величезним досягаючи гігаомів, передача сигналу, створеного мікрофоном, через кабелі без значних викривлень є складним завданням. Таким чином, для забезпечення сумісності високого опору мікрофона з відносно низьким вхідним опором підсилювача, використовується узгоджувальний каскад на базі уніполярного польового транзистора, який конструктивно вмонтований у корпус капсули мікрофона.

Оболонка капсули мікрофона (представлена на схемі пунктирною лінією) зроблена з металу, що служить для екранування мікрофона і підготовчого каскаду від зовнішніх електричних полів. Капсула електронного мікрофона

часто описується як конструкція, в якій містяться не лише сам мікрофон на електронній основі, а й узгоджувальний каскад на базі польового транзистора.

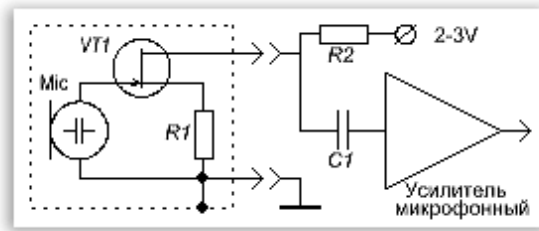


Рис. 3.8. Базова конструкція роботи мікрофона.

За схемою, енергія для роботи підготовчого каскаду необхідна. Ця енергія подається на вхід мікрофонного підсилювача безпосередньо з ланцюга цього ж підсилювача.

Для визначення придатності конкретного мікрофонного підсилювача до підключення електронного мікрофона, можна просто приєднати мультиметр до його вхідного порту. Якщо вимірювання показують 2-3 вольти, це означає, що підсилювач сумісний з електронним мікрофоном. Велика кількість мікрофонних підсилювачів, які використовуються в інтегрованих та зовнішніх комп'ютерних аудіосистемах, призначені для роботи з електронними мікрофонами.

Ці графіки дозволяють візуально оцінити рівень зносу тестованого підшипника та як він залежить від типу мастила та величини прикладеного навантаження. На діаграмі початковий стан тестованого підшипника представлено білим кольором, тоді як крайній стан зображено чорним.

У таблиці 3.1 представлено інформацію про рівні звукових сигналів, які були зареєстровані протягом кожного експериментального циклу з використанням різних видів мастил.

Таблиця 3.1. Дані про інтенсивність шуму в залежності від типу мастильної речовини та використання роликів підшипників.

Час роботи, год.		100	200	300	400	500	600	800	1000
Амплітуда звукових хвиль, дБ	№158	47.2	47.2	48.1	50.5	56.4	61.3	70.4	72.1
		47.5	47.3	48.3	50.4	56.6	61.7	70.5	72.2
		47.3	47.5	48.6	50.9	56.4	61.2	70.3	72.5
		47.7	47.8	48.4	50.5	56.3	61.4	70.7	72.3
	ЛІТОЛ - 24	45.3	46.4	49.4	55.3	61.1	69.6	77.7	78.3
		45.5	46.1	49.7	55.7	61.2	69.2	77.4	78.6
		45.4	46.3	49.5	55.8	61.5	69.4	77.9	78.4
		45.5	46.7	49.2	55.2	61.7	69.8	77.3	78.3
	Стенд тягово-динамічних параметрів	65.4	66.7	67.5	69.5	72.4			
		65.5	66.6	67.6	69.6	72.6	-	-	-
		65.6	66.7	67.6	69.6	72.5			
		65.5	66.8	67.5	69.5	72.6			
	ЦИАТИМ - 201	42.3	49.4	56.2	64.6	68.3	74.3	78.4	80.3
		42.5	49.5	56.7	64.5	68.6	74.4	78.8	80.4
		42.6	49.4	56.3	64.2	68.4	74.5	78.4	80.5
		42.3	49.3	56.7	64.7	68.5	74.3	78.5	80.3
	Molykote 1292	46.4	48.6	52.6	59.5	69.4	76.3	79.3	81.2
		46.5	48.4	52.5	59.8	69.3	76.6	79.5	81.4
		46.3	48.7	52.7	59.4	69.7	76.5	79.7	81.7
		46.7	48.4	52.8	59.9	69.6	76.8	79.6	81.3

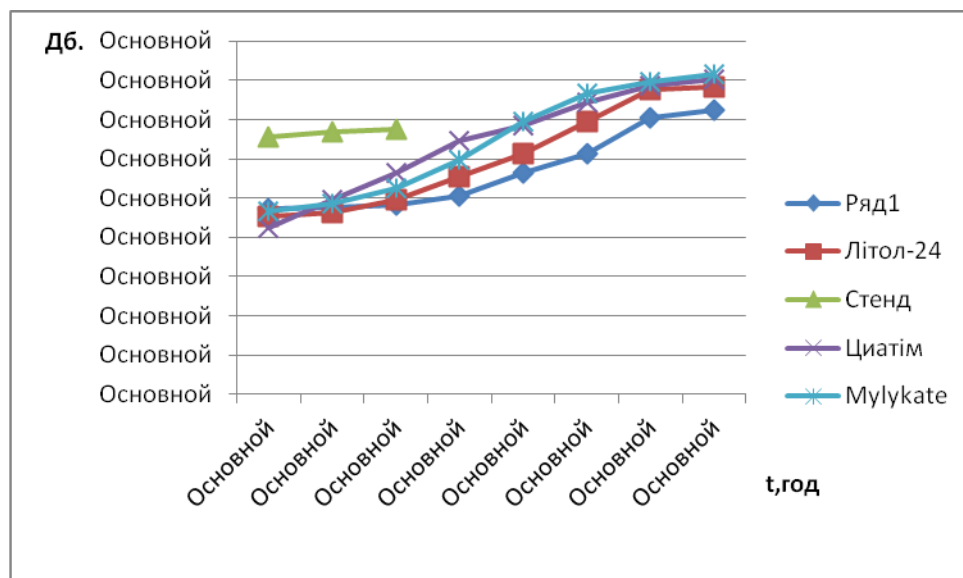


Рис. 3.9. Діаграма відношення типів мастил до кількості годин експлуатації.

3.2 Обладнання для діагностики та ТО підвіски автомобіля

Стенд (рис. 3.10) розроблений для визначення несправностей і вільного простору у сферичних сполученнях, гумових втулках, кріпленнях амортизаторів підвіски легкових та вантажних авто, а також для виявлення джерел різноманітних небажаних звуків, таких як стукіт та скрип.



Рис. 3.10. Апаратура для перевірки підвіски автомобіля

Управлінська шафа, укомплектована комп'ютером, сумісним з IBM, 17-дюймовим монітором і кольоровим принтером, контролює кілька пристроїв, таких як аналізатор газів, діагностичний прилад для контрольних блоків, димомір, модуль для оцінки параметрів двигуна. Комплекс для перевірки стану автомобіля може бути доповнений за вибором різними діагностичними та комплектними стендами, такими як прилад для вимірювання відведення, тестер підвіски, стенд для перевірки гальм, аналізатор вихлопних газів (для бензинових та дизельних двигунів), сканер для діагностики управлінських блоків.

Цей новий продукт від компанії Bosch - магнітні кріплення FWA 007 - розроблені для закріплення датчиків вимірювань під час оцінки геометрії підвіски автомобіля на обладнанні FWA. Вони монтуються легко та гнучко, і розмір обода не впливає на установку.

Магнітні кріплення рис. 3.12. з інтегрованими адаптерами для спойлерів - 4 одиниці.

Кожне кріплення оснащено двома рівнями, чотирма магнітами та чотирма розтяжками для коліс з вбудованими гайками кріплення колеса.



Рис. 3.11. Типи завдань, що виконуються на стенді



Рис. 3.12. Обладнання для вимірювання геометрії підвіски автомобіля.

Обладнання для визначення фрикційного коефіцієнта рис. 3.13. між колесом та дорожнім покриттям.



Рис. 3.14. Обладнання для оцінки фрикційного коефіцієнта між колесом та поверхнею дороги.

Обладнання для дослідження геометрії підвіски - FWA 510/515 рис.

3.15. Оснащений вісьмома датчиками для вимірювань із вбудованим індикатором та електронним рівнем, шафою, пристроєм для фіксації керма та гальм, персональним комп'ютером, у тому числі клавіатурою, та стандартним програмним забезпеченням.



Рис. 3.15. Апаратура для вимірювання геометрії підвіски автомобіля

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Аналіз даних та оцінювання точності отриманих результатів при вимірюванні акустичних характеристик підшипників

Під час проведення вимірювань застосовують обладнання високої точності та використовують передові техніки вимірювань. Проте, через неунікальність випадкових відхилень у будь-якому вимірюванні, справжнє значення вимірюваної величини залишається невідомим, і замість цього приймається певне середнє значення, яке, згідно з принципами теорії ймовірностей та математичної статистики, вважається найбільш придатним наближенням до реального значення. На точність вимірювань також впливають систематичні помилки. Важливо проводити вимірювання таким чи

Основа теорії випадкових відхилень спирається на дві основні положення:

Принцип випадковості;

Принцип розподілу.

Принцип випадковості. Коли проводиться значна кількість вимірювань, рівні за абсолютною величиною але протилежні за напрямком випадкові помилки виникають з однаковою частотою. Це означає, що кількість негативних помилок дорівнює кількості позитивних. Принцип розподілу. Дрібні помилки з'являються частіше, ніж значні. Припустимо, що існує невідома величина x . Під час її вимірювання було отримано n незалежних один від одного спостережень x_1, x_2, \dots, x_n . Приймається, що кожне вимірювання супроводжується випадковою помилкою $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$, яка відрізняється за величиною і напрямком. Таким чином, для кожного спостереження можна сформулювати відповідне вираз.

$$\sigma_i = x_i - x \Rightarrow \sigma_1 = x_1 - x.$$

$$\sigma_2 = x_2 - x.$$

$$\sigma_n = x_n = x.$$

$$\sum_{i=1}^n \sigma_i = \sum_{i=1}^n x_i = n \cdot x.$$

За умови, що у процесі вимірювань кількість позитивних випадкових помилок майже збігається з кількістю негативних помилок, тоді...

$$\sum_{i=1}^n \sigma_i = 0$$

Можна припустити, що найточнішим наближенням до реального значення x , яке підлягає вимірюванню, є середнє арифметичне цих вимірювань, а саме...

$$x = \bar{x}$$

Виявивши середнє значення \bar{x} для послідовності спостережень x_1, x_2, \dots, x_n , необхідно визначити випадкові розбіжності v_i , для кожного окремого результату відносно обчисленого середнього значення \bar{x} .

$$\begin{cases} V_1 = x_1 - \bar{x} \\ V_2 = x_2 - \bar{x} \\ V_n = x_n - \bar{x} \end{cases}$$

Згідно з принципом випадковості:

$$\sum_{i=1}^n V_i \approx 0.$$

Зазвичай ймовірність появи значення x у певному діапазоні краще описується правилом нормального розподілу (принцип Гауса), що визначається двома ключовими параметрами: центральним значенням випадкової величини

\bar{x} , що вказує на положення осі симетрії на графіку розподілу вздовж осі x , та дисперсією $D = \sigma^2$, яка демонструє швидкість зменшення ймовірності виникнення різних значень. Зазвичай використовується середньоквадратичне відхилення, яке рівне:

$$\sigma = \sqrt{D}$$

Ця характеристика є ключовою для оцінки результатів вимірювань і залишається незмінною за сталих умов проведення вимірювань, відображаючи форму графіка розподілу.

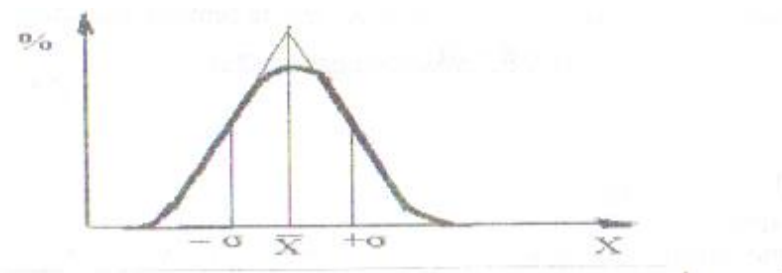


Рис. .4.1. Закон Гауса для розподілу випадкових помилок.

Для визначення точності вимірювань використовують середньоквадратичне відхилення σ . У практичних умовах зустрічається обмежена кількість вимірювань змінної ($n < 20$), тож для кожного окремого вимірювання можна обчислити використовуючи наступну формулу:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Щоб мати всебічне розуміння точності та достовірності оцінювання вимірювань, необхідно зазначити довірчий проміжок I_p та відповідну довірчу ймовірність P .

Надійність вимірювань визначається як ймовірність включення значення у конкретний діапазон близько до реального значення x . Проміжок, в якому реальне значення x зазначено з визначеною ймовірністю P , називається довірчим проміжком I_p , а P вважається довірчою ймовірністю. Зі збільшенням довірчого інтервалу підвищується надійність того, що справжнє значення x

потрапляє в цей діапазон. Ширина довірчого інтервалу ($\pm \Delta x$) відображає точність, тоді як довірна ймовірність P вказує на надійність оцінки середнього значення вибірки, яке аналізується. У технічній практиці зазвичай приймають довірчу ймовірність P як 0,9 або 0,95. Ширина довірчого інтервалу x при обраному рівні довірчої ймовірності P визначається кількістю вимірювань n та розмірами x і за наступною формулою.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Знаючи x , можливо обчислити нижні $I_{pн}$ і верхні $I_{pв}$ границі довірчих інтервалів:

Розглянемо приклад. Під час вимірювання діаметра зношеного поршня (с1), було проведено чотири послідовні спостереження, з яких отримано наступні значення: 78,5; 78,2; 78,9; 78,0 мм.

Обчислимо середнє арифметичне для вибірки 158 після експлуатації 100 годин.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{47.2 + 47.5 + 47.3 + 47.7}{4} = 47.4 \text{ мм.}$$

Середньоквадратичне відхилення одного вимірювання становить:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(47.4-47.2)^2 + (47.4-47.5)^2 + (47.4-47.3)^2 + (47.4-47.7)^2}{3}} = 0.22 \text{ мм}$$

Обраховуємо довірчий проміжок x при заданій довірчій ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де при $n = 4$ і $P = 0,9$, t становить 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.22}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.25$$

В такому випадку, нижня та верхня границі довірчого інтервалу будуть рівні:

$$I_{pH} = x - \Delta x = 47.4 - 0.25 = 47.15 \text{ мм.}$$

$$I_{pB} = x + \Delta x = 47.4 + 0.25 = 47.65 \text{ мм.}$$

У таблиці 4.1. представлені обчислені показники мастильного матеріалу.

Таблиця. 4.1. Обчислені показники мастильного матеріалу.

	200год.	300год.	400год.	500год.	600год.	800год.	1000год.
\bar{x}	47,45	48.35	50.6	56.4	61.4	70.5	72.3
δ_n	0.25	0.20	0.22	0.050	0.21	0.17	0.17
I_{pH}	47.16	48.1	50.35	56.35	61.16	70.31	72.11
I_{pB}	47.74	48.58	50.85	56.45	61.64	70.69	72.49

Обчислимо середнє значення для мастила Літол-24 після використання протягом 100 годин.

$$\frac{\bar{x}=1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{45.3 + 45.5 + 45.4 + 45.5}{4} = 45.4 \text{ мм.}$$

Середньоквадратичне відхилення для індивідуального вимірювання складає:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{(45.4-45.3)^2 + (45.4-45.4)^2 + (45.4-45.4)^2 + (45.4-45.7)^2}{3}} = 0.083 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий проміжок x з урахуванням довірчої ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорівнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.083}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.097$$

Таким чином, нижні та верхні границі довірчого інтервалу будуть наступними:

$$I_{pn} = x - \Delta x = 45.4 - 0.097 = 45.30 \text{ мм.}$$

$$I_{pv} = x + \Delta x = 45.4 + 0.097 = 45.50 \text{ мм.}$$

У таблиці 4.2. Представлені обчислені дані для мастила Літол-24.

Таблиця 4.2. Обчислені дані для мастила Літол-24.

	200год.	300год.	400год.	500год.	600год.	800год.	1000год.
\bar{x}	46.4	49.4	55.5	61.4	69.5	77.6	78.4
δ_n	0.25	0.17	0.26	0.23	0.29	0.23	0.14
I_{pn}	46.15	49.20	55.20	61.13	69.16	77.33	78.24
I_{pv}	46.65	49.60	55.80	61.67	69.84	77.87	78.56

Обчислимо середнє значення для тестового стенду тягово-динамічних характеристик після експлуатації 100 годин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{65.4 + 65.5 + 65.6 + 65.5}{4} = 65.5 \text{ мм.}$$

Середньоквадратичне відхилення для кожного окремого вимірювання складає:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(65.5-65.4)^2 + (65.5-65.5)^2 + (65.5-65.6)^2 + (65.5-65.5)^2}{3}} = 0.02 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий проміжок x з урахуванням довірчої ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорівнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.02}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.023$$

Отже, нижні та верхні межі довірчого інтервалу встановлюються як:

$$I_{\text{рн}} = x - \Delta x = 65.5 - 0.023 = 65.47 \text{ мм.}$$

$$I_{\text{рв}} = x + \Delta x = 65.5 + 0.023 = 65.52 \text{ мм.}$$

Обчислимо середнє значення для випробувального стенду тягово-динамічних характеристик після 200 годин використання:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{66.7 + 66.6 + 66.7 + 66.8}{4} = 66.7 \text{ мм.}$$

Середньоквадратичний розкид кожного індивідуального вимірювання становить:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(66.7-66.7)^2 + (66.7-66.6)^2 + (66.7-66.7)^2 + (66.7-66.8)^2}{3}} = 0.08 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий проміжок x з урахуванням довірчої ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорівнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.02}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.09$$

Отже, нижні та верхні межі довірчого інтервалу встановлюються як:

$$I_{\text{рн}} = x - \Delta x = 66.7 - 0.09 = 66.61 \text{ мм.}$$

$$I_{\text{рв}} = x + \Delta x = 66.7 + 0.09 = 66.79 \text{ мм.}$$

Розрахуємо середнє значення для установки тягово-динамічних властивостей після використання протягом 300 годин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{67.5 + 67.6 + 67.6 + 67.5}{4} = 67.5 \text{ мм.}$$

Середньоквадратична помилка для кожного окремого вимірювання є рівною:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(67.5-67.5)^2 + (67.5-67.6)^2 + (67.5-67.6)^2 + (67.5-67.5)^2}{3}} = 0.08 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий проміжок x з урахуванням довірчої ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорівнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.02}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.09$$

Отже, нижні та верхні межі довірчого інтервалу встановлюються як:

$$I_{\text{рн}} = x - \Delta x = 67.5 - 0.09 = 67.41 \text{ мм.}$$

$$I_{\text{рв}} = x + \Delta x = 67.5 + 0.09 = 67.59 \text{ мм.}$$

Розрахуємо середнє значення для установки тягово-динамїчних властивостей пїсля використання протягом 400 годин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{69.5 + 69.6 + 69.6 + 69.5}{4} = 69.55 \text{ мм.}$$

Середньоквадратична помилка для кожного окремого вимїрювання є рївною:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(69.55-69.5)^2 + (69.55-69.6)^2 + (69.55-69.6)^2 + (69.55-69.5)^2}{3}} = 0.05 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий промїжок x з урахуванням довірчої ймовїрності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорївнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.05}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.058$$

Отже, нижнї та верхнї межї довірчого їнтервалу встановлюються як:

$$I_{\text{рн}} = x - \Delta x = 69.55 - 0.058 = 69.493 \text{ мм.}$$

$$I_{\text{рв}} = x + \Delta x = 69.55 + 0.058 = 69.608 \text{ мм.}$$

Розрахуємо середнє значення для установки тягово-динамїчних властивостей пїсля використання протягом 500 годин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{72.4 + 72.6 + 72.5 + 72.6}{4} = 72.5 \text{ мм.}$$

Середньоквадратична помилка для кожного окремого вимірювання є рівною:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(72.5-72.4)^2 + (72.5-72.6)^2 + (72.5-72.5)^2 + (72.5-72.6)^2}{3}} = 0.03 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий проміжок x з урахуванням довірчої ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорівнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.03}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.037$$

Отже, нижні та верхні межі довірчого інтервалу встановлюються як:

$$I_{\text{рн}} = x - \Delta x = 72.5 - 0.037 = 72.463 \text{ мм.}$$

$$I_{\text{рв}} = x + \Delta x = 72.5 + 0.037 = 72.537 \text{ мм.}$$

Обчислимо середнє значення для мастила Циатим після використання протягом 100 годин.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{42.3 + 42.5 + 42.6 + 42.3}{4} = 42.4 \text{ мм.}$$

Середньоквадратична помилка для кожного окремого вимірювання є рівною:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(42.4-42.3)^2 + (42.4-42.5)^2 + (42.4-42.6)^2 + (42.4-42.3)^2}{3}} = 0.15 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий проміжок x з урахуванням довірчої ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорівнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.15}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.17$$

Таким чином, нижні та верхні границі довіри визначатимуться як:

$$I_{pn} = x - \Delta x = 42.4 - 0.17 = 42.23 \text{ мм.}$$

$$I_{pv} = x + \Delta x = 42.4 + 0.17 = 42.57 \text{ мм.}$$

Таблиця 4.3. Обчислені показники мастила Циатим - 201.

	200год.	300год.	400год.	500год.	600год.	800год.	1000год.
\bar{x}	49.4	56.4	64.5	68.4	74.4	78.5	80.4
δ_n	0.08	0.24	0.20	0.14	0.14	0.19	0.10
I_{pn}	49.31	56.12	64.25	68.24	74.24	78.28	80.29
I_{pv}	49.49	56.68	64.75	68.56	74.56	78.72	80.51

Обчислимо середній показник для мастила Мулукате за 100 годин використання.

$$\frac{\bar{x}=1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{46.4 + 46.5 + 46.3 + 46.7}{4} = 46.5 \text{ мм.}$$

Стандартне відхилення для індивідуального вимірювання становить:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{(46.5-46.4)^2 + (46.5-46.5)^2 + (46.5-46.3)^2 + (46.5-46.7)^2}{3}} = 0.17 \text{ мм.}$$

Обчислюємо довірчий проміжок x з урахуванням довірчої ймовірності $P = 0,9$, використовуючи формулу, де для $n = 4$ і $P = 0,9$, значення t дорівнює 2,35.

$$\Delta x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \times t = \frac{0.17}{\sqrt{4}} \times 2.35 = 0.20$$

Таким чином, нижні та верхні границі довіри визначатимуться як:

$$I_{pn} = x - \Delta x = 46.5 - 0.20 = 46.30 \text{ мм.}$$

$$I_{pv} = x + \Delta x = 46.5 + 0.20 = 46.70 \text{ мм.}$$

Таблиця 4.4. Обчислені показники мастила Муlykate.

	200год.	300год.	400год.	500год.	600год.	800год.	1000год.
\bar{x}	48.5	52.6	59.6	69.5	76.5	79.5	81.4
δ_n	0.15	0.14	0.30	0.18	0.21	0.17	0.21
I_{pn}	48.33	52.44	59.25	69.29	76.25	79.30	81.15
I_{pv}	48.67	52.76	59.95	69.71	76.75	79.70	81.65

Це свідчить про те, що існує 90% ймовірність, що середнє значення діаметра 78,5 мм буде варіюватися в діапазоні від 77,95 до 78,87 мм, або ж $d = 78,5 \pm 0,47$ мм. Тоді стандартне відхилення для одиночного вимірювання дорівнює 0,39 мм.

4.2 Виконання вимірювань радіального відхилення

Для аналізу результатів зносу підшипників через звукові та акустичні параметри були здійснені вимірювання радіального відхилення підшипників з застосуванням різних мастильних речовин.

Радіальне відхилення (див. рис. 4.1) визначається як розбіжність між максимальною та мінімальною відстанню від точок фактичного контуру

обертової поверхні до основної вісі у перерізі, що є ортогональним до цієї вісі. Це відхилення є результатом комбінованого ефекту відхилень від круглості розглянутого профілю перетину та зміщення його центра від основної вісі. Воно не охоплює нерівності форми чи розміщення генератриси обертової поверхні.

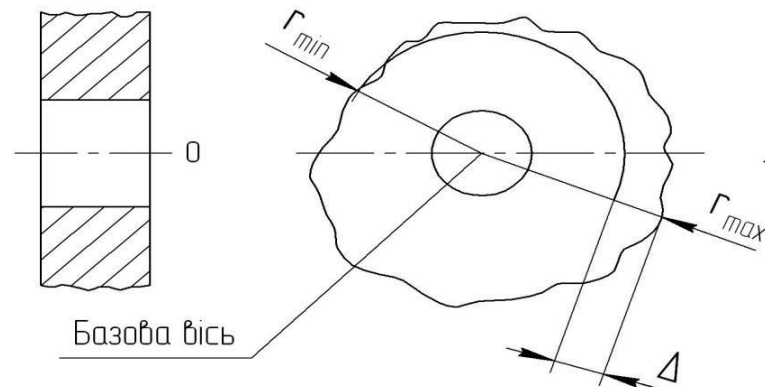


Рис. 4.1. Конструкція радіального відхилення.

Щоб виміряти радіальне відхилення роликів підшипників, які аналізувалися в нашому дослідженні, було розроблено лабораторне обладнання (див. рис. 4.2).



Рис. 4.2. Лабораторне обладнання для визначення радіального відхилення підшипників.

Ключовими компонентами цього лабораторного обладнання є циферблатний індикатор та магнітний тримач (див. рис. 4.3).



Рис. 4.3. Циферблатний індикатор з магнітним тримачем.

Циферблатний індикатор - це пристрій для вимірювання відносних відхилень форми, розмірів та розташування поверхонь. Він складається з системи зчеплених шестерень та важелів, які підсилюють рух штока і перетворюють його на показники пристрою. У більшості таких пристроїв переміщення штока на один міліметр відповідає одному повороту стрілки. Мінімальне відхилення, яке можна точно виміряти за допомогою цього індикатора, становить 0,01 мм, а діапазон вимірювань - від 0 до 5 мм або від 0 до 10 мм. Циферблатні індикатори поділяються на три класи точності: нульовий, перший та другий. У нашому дослідженні застосовувався індикатор нульового класу, який має найменшу помилку вимірювань.

У рамках лабораторного експерименту за допомогою циферблатного індикатора, враховуючи стандартний діаметр підшипника, який піддавався випробуванню (в нашому випадку $d=30\text{мм}$), та його клас точності, який визначається згідно з таблицею даних, ми встановили, що максимально допустиме відхилення для цього підшипника становить 20 мкм, виходячи з того, що він відповідає 6 класу точності.

У таблиці 4.5. представлено усереднені дані радіального відхилення роликів підшипників, які були використані протягом певного часу з використанням різних типів мастил. В цій же таблиці зазначені показники рівня шуму цих підшипників під час їх тестування на апаратурі неруйнівного контролю акустичних діагностичних параметрів.

Таблиця 4.5. Відхилення підшипників з урахуванням застосування
мастильних матеріалів.

Вид мастила	Показання індикатора, мкм	Середнє значення, мкм	Рівень шуму, Дб
№158	19.8	19.86	72.1
	19.9		72.2
	19.9		72.1
Літол-24	19.8	19.8	78.2
	19.8		78.3
	19.8		78.3
Ціатім	20.1	20.13	80.3
	20.2		80.2
	20.1		80.3
Milykate	20.2	20.2	81.6
	20.2		81.7
	20.2		81.7

Оцінюючи зібрані дані, можна зробити такий висновок: Підшипники, у яких застосовувались мастила №158 та Літол-24, показують середній рівень радіального відхилення, який знаходиться в межах встановленого максимального допуску, що у нашому випадку не перевищує 20 мкм. Рівень шуму під час тестування цих підшипників був нижчим, ніж у підшипників, змащених Ціатімом та Milykate, а також середнє радіальне відхилення останніх перевищує встановлені норми. Отже, підшипники з мастилами 3 і 4 не відповідають стандартам як з точки зору радіального відхилення, так і акустичних параметрів, і їх подальше використання є неприпустимим.

Виконані лабораторні аналізи акустичних характеристик та радіального відхилення роликів підшипників дозволяють заявити, що дані, зібрані на нашому лабораторному обладнанні (у тому числі рівень шуму та показники циферблатного індикатора), мають взаємозв'язок.

Беручи до уваги, що швидкість обертання мотору є сталою, тривалість служби підшипника за часом його функціонування на лабораторному обладнанні можна визначити за такою формулою:

$$L = T \cdot n \cdot 60,$$

Далі представлені відношення шуму функціонування підшипника до його обчислюваної тривалості служби, встановленої за допомогою рівняння.

По закінченню 100 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 100 \cdot 485 \cdot 60 = 2,9 \text{ млн. об.}$$

По закінченню 200 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 200 \cdot 485 \cdot 60 = 5,8 \text{ млн. об.}$$

По закінченню 300 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 300 \cdot 485 \cdot 60 = 8,7 \text{ млн. об.}$$

По закінченню 400 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 400 \cdot 485 \cdot 60 = 11,6 \text{ млн. об.}$$

По закінченню 500 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 500 \cdot 485 \cdot 60 = 14,5 \text{ млн. об.}$$

По закінченню 600 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 600 \cdot 485 \cdot 60 = 17,4 \text{ млн. об.}$$

По закінченню 800 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 800 \cdot 485 \cdot 60 = 23,3 \text{ млн. об.}$$

По закінченню 1000 год. експлуатації:

$$L = T \cdot n \cdot 60 = 1000 \cdot 485 \cdot 60 = 29,1 \text{ млн. об.}$$

Таблиця. 4.6. Результати експериментів на пристрої для тестування нового та старого підшипника.

Час роботи, год		100	200	300	400	500	600	800	1000
Довговічність L', млн. об.		2.9	5.8	8.7	11.6	14.5	17.5	23.3	29.1
Величина звукових коливань, дБ	Нового підшипника	25	30	35	40	45	50	55	60
	Старого підшипника	30	35	40	45	50	55	60	65

Нижче подано кореляційні зв'язки між акустичними коливаннями та тривалістю функціонування підшипника, як показано на рисунку 4.4.

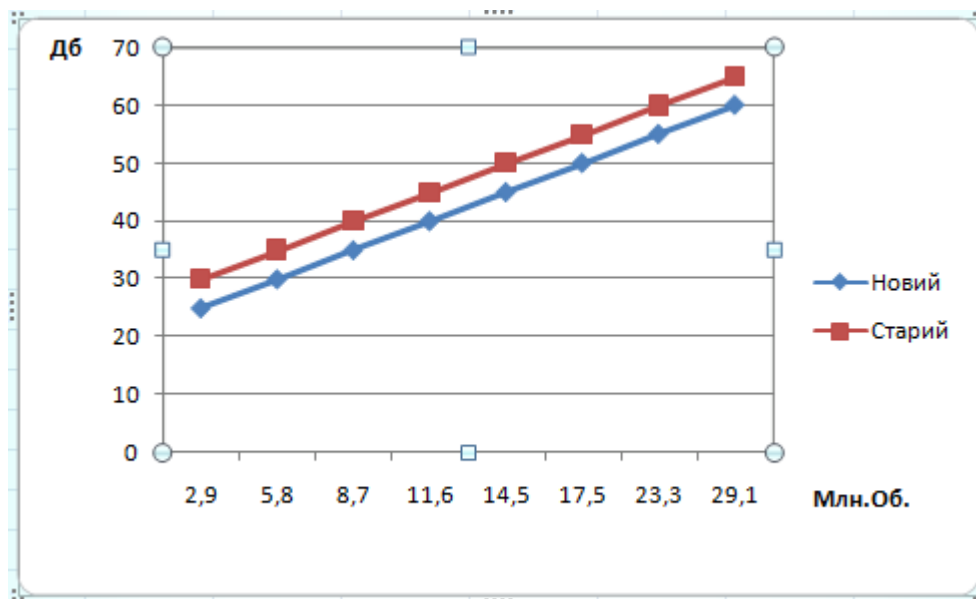


Рис. 4.4. Співвідношення між акустичними вібраціями та тривалістю функціонування підшипника.

У ході проведення експериментальних випробувань, коли досліджувалися наявність та відсутність мастила в підшипнику, використовувалися мастила з пластичною консистенцією.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація управління охороною праці на підприємстві

Згідно з Законом України “Про охорону праці” роботодавець зобов'язаний створювати у кожному структурному підрозділі та на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечувати дотримання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці на підприємстві, для чого:

1) створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які вирішують конкретні питання охорони праці, затверджує посадові інструкції про їхні обов'язки, права і відповідальність за виконання покладених на них функцій;

2) розробляє за участі профспілок і реалізує комплексні заходи для дотримання встановлених нормативів з охорони праці, впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

3) забезпечує усунення причин, що викликають нещасні випадки, професійні захворювання, контролює виконання профілактичних заходів, визначених комісіями на основі підсумків розслідування цих причин;

4) організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам з охорони праці в порядку й у терміни, встановлювані законодавством, вживає на основі цих підсумків заходів для усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

5) розробляє і затверджує положення, інструкції, інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства і встановлюють правила виконання робіт та поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці, забезпечує безкоштовно працівників нормативними актами з охорони праці;

б) здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками технологічних процесів, правил роботи на машинах, устаткуванні та з іншими засобами виробництва, за використанням засобів колективного й індивідуального захисту, виконанням робіт з охорони праці;

7) організовує пропаганду безпечних методів праці.

Роботодавець за власні кошти (або підприємства) організовує періодичні медичні огляди працівників, зайнятих на важких роботах та зі шкідливими чи небезпечними умовами праці. Медичні огляди проводяться при прийомі на роботу (попередній), протягом трудової діяльності (періодичний), при необхідності проведення професійного відбору, а також щорічний обов'язковий медичний огляд осіб у віці до 21 року.

Служба охорони праці входить до структури підприємства, організації або установи як одна з основних виробничо-технічних служб. Ліквідація цієї служби допускається лише у випадку ліквідації самого підприємства. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю і залежно від кількості працівників може функціонувати як самостійний структурний підрозділ або у вигляді одного співробітника, у тому числі й за сумісництвом. Комплектується служба фахівцями, що мають вищу освіту і стаж роботи за профілем цього виробництва не менше трьох років.

При створенні служби охорони праці враховують сферу діяльності підприємства і кількість працівників. На підприємствах із кількістю працівників 50 осіб і більше, роботодавець створює службу охорони праці. На підприємстві з кількістю працівників менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку. Керівники та спеціалісти служби охорони праці за своєю посадою і заробітною платою прирівнюються до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних служб. Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення вимог законодавства. Організаційна структура системи управління охороною праці на підприємствах (СУОП) формується на основі діючої на цьому підприємстві

структури управління виробництвом і підпорядковується усім властивим їй принципам управління. Координація робіт у галузі охорони праці здійснюється шляхом розподілу обов'язків і порядком взаємодії осіб, структурних підрозділів і служб, що беруть участь у реалізації задач СУОП, а також прийняття ними рішень і їх реалізацію. До таких рішень належать накази, розпорядження, вказівки, інструкції.

Для нормального функціонування СУОП на кожному підприємстві машинобудівельної галузі наказом розподіляють функції з реалізації завдань управління охороною праці між керівними і виконавчими функціональними службами та структурними підрозділами підприємства. Приблизний розподіл таких функцій наведено в табл. 5.1.

В управлінні охороною праці, крім штатних посадових осіб і структурних підрозділів, бере участь також і комісія з питань охорони праці, створена рішенням трудового колективу і профспілкової організації, а також уповноважені трудових колективів структурних підрозділів підприємства.

Таблиця 5.1. Розподіл функцій з реалізації завдань СУОП між структурними підрозділами і службами підприємств галузі

Завдання СУОП	Структурні підрозділи	
	Керівні	Виконавчі
Забезпечення безпеки: - виробничих процесів; - устаткування; - будівель, споруд	ВГТ; ВГМ; ВКБ	КП, ПК, СПЛ, ВГМетр, ВОП, ВГМ, ВГЕ; ВОП, ВТК, ПК, КП, ВГК, СПЛ; КП, ВОП, ВМТП, ПК
Нормалізація гігієнічних умов	КП	ВОП, ПК, СПЛ, КП, ВОП, ПК
Забезпечення ЗІЗ тощо	ВМТЗ	

Використані скорочення в табл. 5.1: ВГТ - відділ головного технолога; ВГМ - відділ головного механіка; ВКБ - відділ капітального будівництва; КП - керівник підрозділу; ВМТЗ - відділ матеріально-технічного забезпечення;

ВМТП - відділ матеріально-технічного постачання; ПК - профспілковий комітет; СПЛ - санітарно-промислова лабораторія; ВГМетр - відділ головного метролога; ВОП - відділ охорони праці; ВГЕ - відділ головного енергетика; ВТК - відділ технічного контролю; ВГК - відділ головного конструктора.

5.2 Структура і завдання Єдиної державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації

Цивільний захист (ЦЗ) в Україні реалізується комплексом організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади (ЦіМОВВ), органами місцевого самоврядування (ОМС), підприємствами, установами та організаціями незалежно від форми власності і підпорядкування, підпорядкованими їм силами і засобами з метою запобігання, реагування та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС) та їх наслідків, захисту і збереження життя та здоров'я людей, засобів виробництва, матеріальних цінностей, територій та навколишнього довкілля в мирний час і в особливий період.

Основною метою функціонування ЄДС ЦЗ є об'єднання дій центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій, підпорядкованих їм сил цивільного захисту для реалізації заходів державної політики у сфері цивільного захисту у мирний час та в особливий період.

ЄДС ЦЗ призначена для реалізації державної політики у сфері цивільного захисту. Керівництво ЄДС ЦЗ здійснює Кабінет Міністрів України.

Основними завданнями ЄДС ЦЗ є:

організація та проведення заходів з питань захисту населення і територій від НС, зокрема: оповіщення про загрозу або виникнення НС, інформування у сфері ЦЗ, укриття населення у захисних спорудах ЦЗ, заходів з евакуації, інженерного захисту територій, радіаційного, хімічного, медичного, біологічного та психологічного захисту та навчання населення діям у НС, координація діяльності органів виконавчої влади (ОВВ) з цих питань;

організація заходів із запобігання виникненню НС, контроль за їх виконанням та координацію діяльності ОВВ з цих питань;

ліквідація небезпечних подій та НС, гасіння пожеж у мирний час та в особливий період;

організація та здійснення моніторингу і прогнозування виникнення НС та їх розвитку, визначення ризиків їх виникнення на території країни;

розроблення і внесення на розгляд Кабінету Міністрів України пропозицій щодо формування та реалізації державної політики у сфері ЦЗ;

ліквідація медико-санітарних наслідків НС та епідемій, надання екстреної медичної допомоги постраждалим у зоні НС, проведення заходів з медичного забезпечення;

організація та проведення підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрового персоналу, керівного складу та фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією та здійсненням заходів з питань ЦЗ;

організація та проведення навчання з підготовки органів управління (ОУ) та сил ЦЗ функціональних і територіальних підсистем ЄДС ЦЗ;

здійснення заходів з питань пожежної та техногенної безпеки; створення сил ЦЗ, забезпечення їх постійної готовності до ліквідації небезпечних подій та НС; організація та здійснення заходів щодо створення, утримання та реконструкції

фонду захисних споруд ЦЗ; створення та раціональне використання резервів фінансових і матеріальних

ресурсів для запобігання, ліквідації НС та їх наслідків;

здійснення планування заходів ЦЗ; виконання державних, відомчих та регіональних цільових програм, спрямованих на захист населення і територій від НС та запобігання їм; забезпечення сталого функціонування об'єктів економіки в умовах НС та в

особливий період; здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;

Організаційна побудова ЄДС ЦЗ.

Організаційно ЄДС ЦЗ складається з постійно діючих функціональних і територіальних підсистем та їх ланок і має чотири рівні – державний, регіональний, місцевий та об'єктовий.

Організаційно-структурна побудова ЄДС ЦЗ, порядок підпорядкування та взаємодії її органів управління (ОУ), сил та засобів реалізується на базі функціонально-територіального принципу, за яким визначається чіткий механізм управління заходами в сфері запобігання, реагування, ліквідації наслідків НС, мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи.

Основу ЄДС ЦЗ (рис. 5.1) складають функціональні та територіальні підсистеми (Ф та ТП), які створюються центральними і місцевими ОВВ. Структуру ЄДС ЦЗ формують ОУ та підпорядковані їм структурні підрозділи, їх сили та засоби.



Рис. 5.1. Структура ЄДС ЦЗ.

Функціональні підсистеми ЄДС ЦЗ (ФП ЄДС ЦЗ) створюються міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади (ЦОВВ) і функціонують у відповідних сферах суспільного життя.

Організаційна структура та порядок діяльності ФП ЄДС ЦЗ і підпорядкованих їм сил ЦЗ визначаються у положеннях про них, які затверджуються відповідними міністерствами та іншими ЦОВВ що їх створили, за погодженням з ДСНС України.

Керівництво ФП здійснює керівник органу, що створив таку підсистему.

До складу ФП входять ОУ сфери суспільного життя (галузі), підпорядковані їм сили ЦЗ, підприємства, установи і організації, до повноважень яких віднесено питання організації та здійснення заходів ЦЗ.

НС регіонального та місцевого рівнів сили і засоби ФП на регіональному, місцевому та об'єктовому рівнях, у разі необхідності, підпорядковуються у межах, що не суперечать законодавству, органам управління відповідних територіальних підсистем ЄДС ЦЗ.

складі ФП на регіональному та місцевому рівнях створюються і функціонують ланки ФП, структура і діяльність яких визначається відповідним положенням, що затверджується керівниками установ і організацій, що створили такі ланки.

Керівництво ланками ФП здійснюють керівники організацій і установ, що створили такі ланки.

Згідно з проектом Положення Про ЄДС ЦЗ міністерствами та іншими ЦОВВ, мають бути створені відповідні ФП (додаток 1 проекту Положення), а саме:

1. Міністерством аграрної політики та продовольства України – ФП: захисту сільськогосподарських рослин і тварин, які утворюються Державною ветеринарною та фітосанітарною службою України; захисту лісових ресурсів – Державним агентством лісових ресурсів; захисту рибного господарства, запобігання та ліквідації НС на об'єктах, віднесених до сфери управління Державного агентства рибного господарства – Державним агентством рибного господарства.
2. Міністерством внутрішніх справ України – ФП охорони громадського порядку.
3. Міністерством екології та природних ресурсів України – ФП: запобігання та ліквідації НС в зоні відчуження, які утворюються Державним агентством України з управління зоною відчуження; протипаводкових заходів – Державним агентством водних ресурсів України.

4. Міністерством економічного розвитку і торгівлі України – ФП державного матеріального резерву, яка утворюється Державним агентством резерву України.

5. Міністерством енергетики та вугільної промисловості України – ФП запобігання і ліквідації НС в організаціях і на об'єктах енергетики, вугільної промисловості, нафто- та газовидобування і транспортування.

6. Міністерством інфраструктури України – ФП:

пошуку, рятування людей та суден, які зазнали лиха на морі;

транспортного забезпечення ліквідації НС та евакуації населення;

запобігання та ліквідації НС на об'єктах, віднесених до сфери управління Державної авіаційної служби України, яка утворюється Державною авіаційною службою України;

запобігання та ліквідації НС на залізничному транспорті – Укрзалізницею;

Міністерством охорони здоров'я України – ФП медичного захисту та нагляду за санітарно-епідеміологічною обстановкою.

Міністерством промисловості України – функціональну підсистему запобігання і ліквідації НС в організаціях та на об'єктах галузей промисловості.

ДСНС України – ФП моніторингу і прогнозування НС.

Державною інспекцією ядерного регулювання України – ФП запобігання і ліквідації НС на радіаційних об'єктах.

Залежно від покладених функцій щодо запобігання і реагування на НС міністерства та інші ЦОВВ можуть утворювати кілька ФП ЄДС ЦЗ.

До складу сил цивільного захисту функціональних підсистем входять сили і засоби ФП регіонального, місцевого та об'єктового рівня, які підпорядковуються ОУ відповідних територіальних підсистем ЄДС ЦЗ у межах і знаходяться в їх компетенції, але не суперечать законодавству, а саме:

спеціалізовані професійні аварійно-рятувальні служби, діяльність яких пов'язана з організацією та проведенням гірничорятувальних робіт; аварійно-рятувальні формування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Магістерська робота є важливим внеском у сферу автомобільного інженерії. Робота зосереджується на ключових аспектах підвищення ефективності та надійності технічного обслуговування підвіски, що є критично важливим для забезпечення безпеки та комфорту водіїв і пасажирів.

Основний акцент у роботі зроблено на використанні акустичних методів для дослідження підшипників кочення, що дозволяє ідентифікувати потенційні неполадки та зношення важливих компонентів підвіски. Цей підхід є інноваційним, оскільки він відходить від традиційних методів діагностики, пропонуючи більш точну та ефективну альтернативу.

Результати дослідження показують значне покращення у виявленні та усуненні проблем з підшипниками кочення, що сприяє збільшенню терміну служби компонентів підвіски та зниженню витрат на їх обслуговування. Також важливо відзначити, що запропоновані удосконалення можуть мати значний позитивний вплив на загальну безпеку автомобілів Toyota Corolla E150.

У цілому, магістерська робота демонструє глибоке розуміння технічних аспектів підвіски автомобіля та вносить суттєвий вклад у розвиток методів технічного обслуговування автомобільних підвісок. Рекомендується для застосування у відповідних сервісних центрах, а також для подальших наукових досліджень у даній області.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Декет В., Лешик А., Черноостровская Л. Toyota Corolla 150. Хетчбек, седан і універсал. Бензинові і дизельні двигуни: Посібник з експлуатації, технічне обслуговування, ремонт і особливості конструкції, електричні схеми. Каталог „ Укравтозапчасть ” – Київ „ Український промислово- інвестиційний концерн ”, 2001р.

2. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.

3. Гевко І.Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Ляшук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.

4. 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.

5. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

6. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.

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

8. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник – К.: Знання. 2003. – 511 с.

9. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.
10. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.
11. 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 (2023) Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, 118, pp. 161-172. (Scopus).
12. Aulina, V., Kropivnya, V., Kuzyka, O., Lyashuk, O., Bosyia, M., Vovk, Y., Kropivnaa, A., Sokol, M., Senyk, A., Slobodyan, L. The Influence of Titanium as a Desferoidizing Element on the Stability of Production of Magnesium Cast Irons with Compacted Graphite (2021) Tribology in Industry - Kragujevac : University of Kragujevac, 4 (43), pp. 654-666. (Scopus).
13. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Шашків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.
14. 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>.
15. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.
16. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навчальний посібник / Ю. А. Гасило, О. А. Крюковська. К. О. Левчук, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2017. — 369 с.
17. Безпека в надзвичайних ситуаціях : навч. посібник для студентів ЗВО України : у 2 ч. Ч. 1: Надзвичайні ситуації / М. Л. Лисиченко, В. В.

Вамболь, С. О. Вамболь, М. М. Кірієнко, І. А. Черепньов, В. М. Власовець ;
за ред. М. Л. Лисиченка ; ХНТУСГ. – Харків : ТОВ “ПромАрт”, 2021. – 202 с.

18. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник
/ Пістун І. П., Хом’як Й. В., Хом’як В. В. - 2-ге вид., стер. - Суми :
Університетська книга, 2015. - 374 с.

19. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека.
частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП
Паляниця В. А., – 156 с.