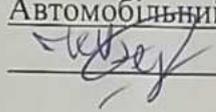


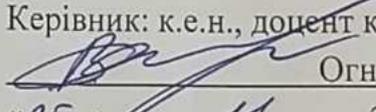
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля
в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з
обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля» місто Вінниця»

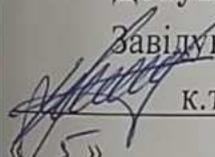
Виконав: збобувач 2-го курсу, групи
1АТ-24м спеціальності 274 –
Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма –
Автомобільний транспорт
 Конон В.О.

Керівник: к.е.н., доцент каф. АТМ
 Огневий В.О.
«25» 11 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ГМ
Бакалчук Д.В. 
«05» 12 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С.В.

«5» 12 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

« 25 » 09 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

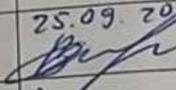
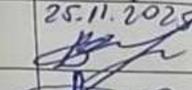
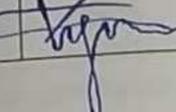
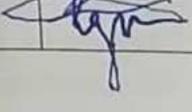
Конон Віталію Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля» місто Вінниця керівник роботи _____ Огневий Віталій Олександрович, к.е.н., доцент, затверджені наказом ВНТУ від «24» вересня 2025 року № 313.
2. Строк подання здобувачем роботи: _____ 30.11.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура ВТБ і технологічних процесів СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля»; район експлуатації автомобілів – Вінницька область; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі FORD; об'єкт дослідження – кульковий шарнір легкового автомобіля; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.
4. Зміст текстової частини:
 - 1 Загальна характеристика проблем діагностування кульових шарнірів передньої підвіски типу «макферсон» легкових автомобілів.
 - 2 Теоретико-методичні підходи щодо визначення величини осьового зазору у кулькових шарнірах передньої підвіски типу «макферсон» легкових автомобілів.
 - 3 Експериментальні дослідження величини осьового зазору у кулькових шарнірах в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля»
 - 4 Виробничі рекомендації і оцінка ефективності впровадження результатів досліджень.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 - 1-3 Тема, мета та завдання дослідження.
 - 4 Діаграма видів технічних несправностей автотранспортних засобів, які стають причинами ДТП та графік залежності зміни кутів повздовжнього нахилу осі повороту коліс від напрацювання автомобіля.
 - 5 Елементи кульових шарнірів, які перебували в експлуатації.
 - 6-7 Дефекти досліджуваних зразків кульових шарнірів.
 - 8 Типи випробувань пристроїв, механізмів і елементів та способи випробувань і діагностування кульових шарнірів підвіски автомобілів.

- 9 Схема перевірки кульових шарнірів механічним способом.
 10 Перевірка кульового шарніра на пристосуванні та електрогідрравлічний детектор люфтів частини.
 11 Будова кульового шарніра, з вбудованим датчиком контролю напруження і зниження коефіцієнта тертя на переході «головка пальця - вкладник».
 12 Розміщення вібродатчиків ДН-3 на діагностованому автомобілі «FORD». Установка вібродатчиків на діагностованій автомобіль.
 13 Характеристика досліджуваних експериментально шарнірів в умовах СТОА ТОВ «ТД Автоцентр Поділля»
 14-16 Результати експериментального дослідження.
 17 Графік залежності величини віброприскорення від величини осевого зазору досліджуваних отриманий експериментальним шляхом
 18 Оцінка похибки результатів дослідження в умовах СТОА ТОВ «ТД Автоцентр Поділля»
 19 Оцінка похибки результатів дослідження в умовах СТОА ТОВ «ТД Автоцентр Поділля»
 20 Технологічна карта діагностування кульових шарнірів підвіски традиційним способом.
 21 Технологічна карта діагностування кульових шарнірів підвіски вібраційним способом.
 22 Приклад установки і орієнтації вібродатчика при діагностуванні кульового шарніра в умовах ТОВ «ТД Автоцентр Поділля»

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

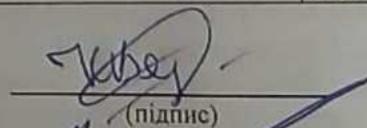
Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	25.09.2025 	25.11.2025 
Визначення ефективності запропонованих рішень	Буренніков Ю.Ю., професор кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 25 » вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

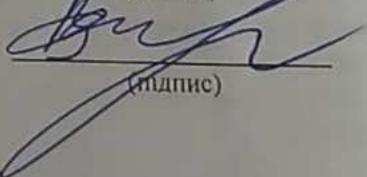
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	I
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	25.09-29.09.2025	Y
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	30.09-20.10.2025	Y
3	Обґрунтування методів досліджень	30.09-20.10.2025	Y
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-10.11.2025	Y
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	11.11-16.11.2025	Y
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	17.11-24.11.2025	Y
7	Нормоконтроль МКР	25.11-30.11.2025	Y
8	Попередній захист МКР	01.12-04.12.2025	Y
9	Рецензування МКР	05.12-09.12.2025	Y
10	Захист МКР	10.12.2025- 12.12.2025	Y

Здобувач


(підпис)

Конон В.О.

Керівник роботи


(підпис)

Огневий В.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.078

Конон В. О. Підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля» місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, Вінниця: ВНТУ, 2025. 76 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 23 назв; рис.: 32; табл. 8.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання підвищення ефективності діагностування передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля».

У розділі 1 розглянута загальна характеристика проблем діагностування кульових шарнірів передньої підвіски типу «Макферсон» легкових автомобілів.

В розділі 2 розглянуті теоретико-методичні підходи щодо визначення величини осьового зазору у кульових шарнірах передньої підвіски типу «Макферсон» легкових автомобілів.

В розділі 3 виконано експериментальні дослідження визначення величини осьового зазору у кульових шарнірах передньої підвіски типу «Макферсон» легкових автомобілів в умовах СТОА ТОВ «ТД Автоцентр Поділля».

В розділі 4 проведено визначення економічного ефекту від впровадження вібраційного способу визначення величини осьового зазору у кульових шарнірах передньої підвіски типу «Макферсон» легкових автомобілів в умовах СТОА ТОВ «ТД Автоцентр Поділля».

Ілюстративна частина складається з 22 слайдів.

Ключові слова: підвіска, кульковий шарнір, діагностування, автомобіль, станція технічного обслуговування автомобілів.

ABSTRACT

UDC 656.078

Konon V. O. Increasing the efficiency of diagnosing a passenger car suspension in the conditions of a car service station of the limited liability company "TD Autocenter Podillya" city of Vinnytsia. Master's qualification work in the specialty 274 - Automobile transport, Vinnytsia: VNTU, 2025. 76 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 23 titles; Fig.: 32; table 8.

The master's qualification work addresses the issue of increasing the efficiency of diagnosing the front suspension of the "McPherson" type of a passenger car in the conditions of a car service station of the limited liability company "TD Avtocentr Podillia".

Chapter 1 discusses the general characteristics of the problems of diagnosing ball joints of the MacPherson front suspension of passenger cars.

Section 2 discusses theoretical and methodological approaches to determining the axial clearance in the ball joints of the MacPherson front suspension of passenger cars.

In section 3, experimental studies were performed to determine the axial clearance in the ball joints of the front suspension of the "McPherson" type of passenger cars in the conditions of the repair shop of LLC "TD Autocenter Podillia".

In section 4, the economic effect of implementing a vibration method for determining the axial clearance in the ball joints of the MacPherson type front suspension of passenger cars in the conditions of the repair shop of TD Autocenter Podillia LLC is determined.

The illustrative part consists of 22 slides.

Keywords: suspension, ball joint, diagnostics, car, car service station.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ КУЛЬОВИХ ШАРНІРІВ ПЕРЕДНЬОЇ ПІДВІСКИ ТИПУ «МАКФЕРСОН» ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ.....	10
1.1 Аналіз технічних несправностей механізмів легкових автомобілів, які забезпечують безпеку руху.....	10
1.2 Аналіз несправностей кульових шарнірів.....	13
1.3 Методи і способи випробувань і діагностування кульових шарнірів.....	16
1.4 Аналіз досліджень з визначення вібронавантаженості елементів автомобіля.....	18
1.5 Методи та засоби вібродіагностування агрегатів автомобіля.....	21
1.6 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД «Автоцентр Поділля».....	24
1.7 Висновки до розділу 1.....	30
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ОСЬОВОГО ЗАЗОРУ У КУЛЬКОВИХ ШАРНІРАХ ПЕРЕДНЬОЇ ПІДВІСКИ ТИПУ «МАКФЕРСОН» ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ.....	31
2.1 Удосконалення математичної моделі зміни технічного стану кулькового шарніра підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля.....	31
2.2 Спосіб проведення експериментального дослідження в умовах СТО ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля»	45
2.3 Обробка результатів експериментального дослідження за критерієм достовірності.....	47
2.4 Висновки до розділу 2	48

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ОСЬОВОГО ЗАЗОРУ У КУЛЬКОВИХ ШАРНІРАХ В УМОВАХ СТОА ТОВ «ТД «АВТОЦЕНТР ПОДІЛЛЯ»	50
3.1 Результати експериментального дослідження отримані в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля»	50
3.2 Оцінка результатів експериментального дослідження.....	61
3.3 Висновки до розділу 3	64
РОЗДІЛ 4 ВИРОБНИЧІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	65
4.1 Вібраційний спосіб визначення технічного стану кульових шарнірів.....	65
4.2 Виробничі рекомендації по впровадженню вібраційного способу визначення осьового зазору в кулькових шарнірах.....	69
4.3 Розрахунок економічного ефекту.....	70
4.4 Висновки до розділу 4	72
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТКИ	77
Додаток А Ілюстративна частина	
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	

ВСТУП

Актуальність теми. Серед складових елементів підвіски автомобіля, кульковий шарнір безпосередньо впливає на його безпеку [2].

Кулькові шарніри є нерозбірними вузлами, що значно ускладнює їх діагностування в умовах СТО.

Граничним станом кулькового шарніра прийнято вважати стан, при якому осьовий і радіальний зазори пальця в корпусі досягають величини 0,7 мм при прикладенні до пальця осьового і радіального навантажень ± 981 Н. Ці величини справедливі для автомобільних кулькових пальців з діаметром неповної сфери $d = 25 - 35$ мм [10].

У роботах відомих науковців розглядалися питання підвищення і вдосконалення якості виготовлення кулькових шарнірів, закономірності зміни їх технічного стану, віброакустична діагностика підшипникових вузлів, однак ці питання не розглядалися в рамках діагностування на підприємствах з ремонту та обслуговування автомобілів. У магістерській кваліфікаційній роботі пропонується новий спосіб діагностування кулькових шарнірів в умовах автосервісного підприємства.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась у відповідності з напрямками наукових досліджень кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

Метою роботи є підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля».

Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні **завдання:**

1. Удосконалити математичну модель зміни технічного стану передньої підвіски легкового автомобіля.
2. Проаналізувати способи визначення величини осьового зазору в кульковому шарнірі автомобіля.

3. Провести експериментальні дослідження для встановлення взаємозв'язку величини осьового зазору в кульковому шарнірі з величиною віброприскорення в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля».

4. Розробити практичні рекомендації по впровадженню способу визначення величини осьового зазору в кульковому шарнірі для легкових автомобілів в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля».

5. Визначити економічний ефект від впровадження способу діагностування величини осьового зазору в кульковому шарнірі автомобіля в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля».

Об'єктом дослідження є кульковий шарнір передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля.

Предметом дослідження є спосіб визначення величини осьового зазору в кулькових шарнірах передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля.

Методи дослідження: методи статистичного аналізу, методи обробки результатів спостережень, основні положення теорії ймовірності та математичної статистики, методи аналізу із застосуванням прикладного програмного забезпечення MS Excel, MathCAD, LabVIEW SignalExpress, теорія цифрової обробки сигналів, методи математичного моделювання.

Наукова новизна. Дістали подальшого розвитку теоретико-методичні підходи щодо визначення технічного стану кулькових шарнірів підвіски типу «Макферсон» легкового автомобілів.

Достовірність результатів, отриманих в ході експериментальних досліджень, підтверджується застосуванням апробованих науково обґрунтованих методик обробки даних. Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується застосуванням сучасних математичних методів і засобів обчислювальної техніки.

Практична цінність і реалізація роботи:

На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень запропоновані:

- вібраційний спосіб діагностування величини осьового зазору в кульковому шарнірі передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля, що дозволяє визначати зазор в інтервалі від 0,1 мм, до 0,9 мм з похибкою, яка не перевищує 10%.

- спосіб і пристрій для контролю осьового зазору в кульковому шарнірі передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля на стенді для діагностування і випробування елементів підвіски.

- практичні рекомендації щодо впровадження вібраційного способу діагностування величини осьового зазору в кулькових шарнірах передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля в умовах автосервісного підприємства.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів регіональної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», 2026 р., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Публікації. Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці, з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру [6].

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ КУЛЬКОВИХ ШАРНІРІВ ПЕРЕДНЬОЇ ПІДВІСКИ ТИПУ «МАКФЕРСОН» ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Аналіз технічних несправностей механізмів легкових автомобілів, які забезпечують безпеку руху

Причинами дорожньо-транспортних пригод (ДТП) в більшості випадків 70 - 75% є порушення водіями ПДР, несправність транспортних засобів - 2 - 4%, а незадовільні дорожні умови - 4 - 11%.

Несправність ТЗ не потрапляють в статистику через відсутність в реальних умовах необхідної фіксації.

Несправності ТЗ, що стали причинами ДТП класифікуються за механізмами і вузлами:

- 1) гальмівна система - 20-50%;
- 2) ходова частина - 10-30%;
- 3) рульовий привід - 10-15%;
- 4) світлова сигналізація і освітлення - 10% [8].

Аналіз дорожньо-транспортної аварійності в Україні показав (рисунок 1.1), що основними факторами, що визначають виникнення ДТП є технічні несправності рульового приводу, гальмівних механізмів і ходової частини автомобіля.

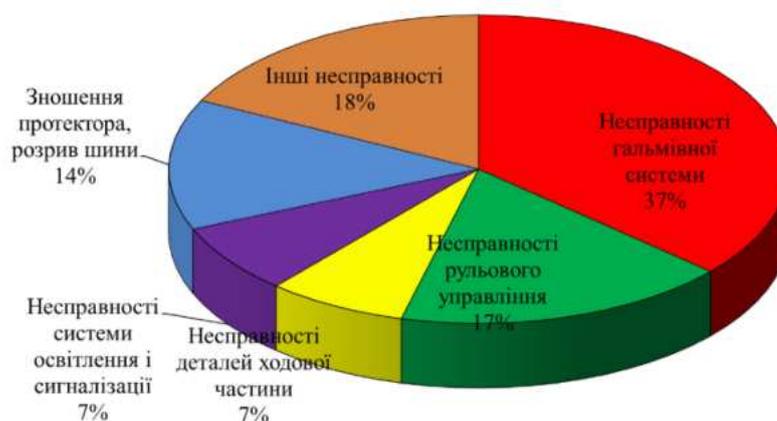
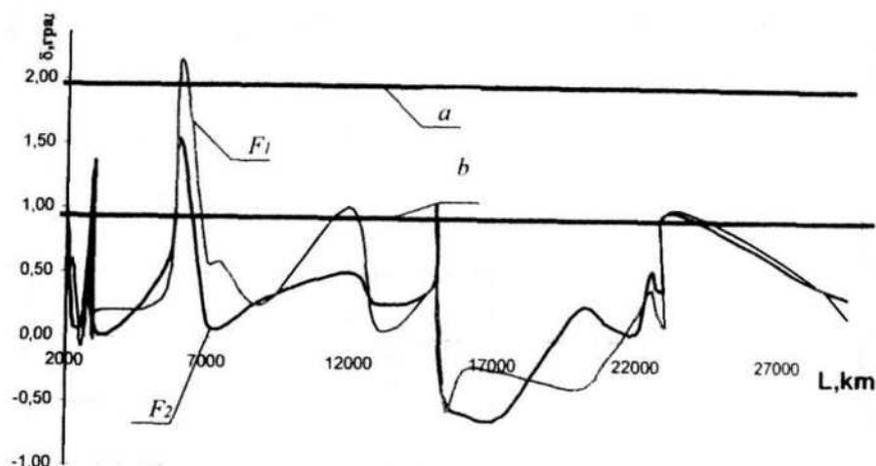


Рисунок 1.1 - Несправності автомобілів, які стають причинами ДТП

Аналіз надійності елементів рульового механізму і передньої підвіски у передньоприводних автомобілів, виконаний в роботі [5] показав, що на кути установки передніх коліс мають вплив дефекти кульового шарніра.

На рисунку 1.2 показано помітна розбіжність кутів нахилу правого і лівого коліс, це в значній мірі впливає на стійкість і керованість автомобіля, починається значне відведення автомобіля при сповільненні і прискоренні.



F1 і F2 – процес зміни кутів для лівого і правого коліс відповідно, {a, b} – зона номінальних величин кутів установки коліс

Рисунок 1.2 - Графік залежності зміни кутів повздожнього нахилу осі повороту коліс від напрацювання автомобіля

Підвіски, які застосовуються на автомобілях, практично однакові за принципом дії, але мають різну будову. На даний час існує декілька типів підвісок автомобіля (рис. 1.3)



Рисунок 1.3 – Різновиди автомобільних підвісок

Залежна ресорна підвіска так називається нерозрізна балка-міст з пружним елементом у вигляді ресори. Вона складається з власне балки з розміщеним усередині редуктором, піввісь, підшипник, гальмівний щит, гальмівний механізми і маточинами коліс і власне самих коліс. За допомогою кованих скоб балка з'єднується з ресорою. Ресора переднім кінцем жорстко з'єднується з кузовом за допомогою осевого шарніра. Задній кінець оснащений сережкою, що забезпечує при стискуванні ресори плавну зміну її довжини, тобто при жорсткому кріпленні вона працювати не буде. При експлуатації такої підвіски слід стежити за справністю амортизаторів, цілісності ресор, стані резинометалевих втулок, які можуть застосовуються в шарнірних з'єднаннях, де сережка кріпиться до кузова і де ресора кріпиться до сережки.

Залежні підвіски з пружинним елементом. Це модифікація залежної балки підвіски. Застосовується вона на Нивах, вазовської класиці, а також на іномарках почала 80-х : Opel Record, Audi 80,100 (неведучі). Полягає і балки з вищепереліченими нутрощами, також з пружин, амортизаторів і п'яти реактивної тяги: однією поперечною і чотирьох подовжніх. Вони забезпечують жорсткість щодо подовжньої і поперечної осей автомобіля. У ресорній подовжню жорсткість забезпечують ресори. За експлуатаційними показниками ресорна підвіска виграє у пружинної, оскільки ресори за рахунок свого внутрішнього тертя листів дають значне демпфування коливань і по комфортності пересування перевершують пружинні елементи .

Незалежна підвіска характеризується відсутністю жорсткого зв'язку між колесами одного моста. Кожне колесо підвішене незалежно від іншого. Внаслідок чого при наїзді одним колесом на нерівність, його коливання не передаються іншому колесу, зменшується нахил кузова і підвищується в цілому стійкість автомобіля під час руху. Вельми різноманітні. Вони діляться на два основні типи: свічкові і тягові. Свічкові - Максферсон, тягові поперечнотягові, двохважелі, повздовжні, косотягові. Тяги ефективні тим, що достатньо прості по своїй конструкції. Вони відповідають вимогам керованості автомобіля. Навіть на самих нерівних ділянках дороги при правильному балансі і розподілі сил і

моментів підвіски важелів забезпечують належну керованість і стійкість. Найбільш улюблені конструкторами тягових підвісок поперечнотягові. Вони по використанню охоплюють найширшу гамму автомобілів: від Формули 1 до знаменитого Hummer.

1.2 Аналіз несправностей кульових шарнірів

Кулькові шарніри працюють в умовах знакозмінних навантажень, що веде до абразивного зносу головки пальця (рисунок 1.4).



а, б - корозія кулькового пальця і корпусу кулькового шарніра, абразивний знос кулькового пальця; в - абразивний знос вкладиша, сліди корозії на ньому, корозія корпусу кулькового шарніра; г - корозія кулькового пальця і корпусу кулькового шарніра, абразивний знос кулькового пальця; д, е - корозія кулькового пальця, абразивний знос кулькового пальця; ж - деструкція; з - абразивний знос кулькового пальця.

Рисунок 1.4 - Елементи кульових шарнірів, які перебували в експлуатації

Абразивний знос і корозія кулькового пальця і корпусу кулькового шарніра, (рисунок 1.4 а, б, г). Ознаки прояви: візуально - по пошкодженнях захисного чохла і наявності на ньому мастила і бруду, при русі автомобіля - по стороннім стукам і звукам, погіршенні керованості автомобіля. Абразивний знос вкладиша, корозія корпусу кулькової опори (рисунок 1.4 в); абразивний знос кулькового

пальця у вигляді радіальних канавок на сферичній поверхні (рисунок 1.4 д, е); Підвищення температури, яка викликає плинність і перетворення молекул полімеру в газоподібний стан в поверхневих шарах при русі пальця навколо вкладиша через тертя - деструкція [13] (рисунок 1.4 ж). Причиною є тривалий рух по поганих дорогах з високою швидкістю, а також порушення технології виготовлення вкладиша, низька якість матеріалу для виготовлення вкладиша.

Ознаки несправності: при русі автомобіля - сторонні стуки і звуки, погіршення керуваності автомобіля. Абразивний знос сферичної головки і втомний знос в перерізі переходу сферичної частини в конічну кулькового пальця (рисунок 1.4 з). Втомний знос шийки кулькового пальця виникає в результаті перевищення терміну експлуатації кулькового шарніра і при порушенні технології виготовлення кулькового пальця.

Головним фактором виходу з ладу кулькового шарніра є знос сполучення - «вкладиш - головка кулькового пальця», що призводить до збільшення осьового зазору h . Процес зносу визначається деякими чинниками і, зокрема, залежить від умов тертя [12].

Для аналізу видів ушкоджень використовувалися 30 кульових шарнірів з різною величиною осьового зазору і іншими дефектами (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Дефекти досліджуваних зразків кульових шарнірів

Використовуваний зразок	Величина осьового зазору, мм	Ступінь зносу	Дефекти
1	2	3	4
№1	0,11	1,6 %	відсутні
№2	0,18	13,3%	відсутні
№3	0,21	18,3 %	відсутні
№4	0,21	18,3 %	відсутні
№5	0,23	21,7 %	корозія корпусу
№6	0,24	23,3 %	відсутні
№7	0,28	30 %	корозія корпусу і пальця
№8	0,29	31,7 %	розколювання чохла
№9	0,30	33,3 %	розриви чохла

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
№10	0,31	35 %	розриви чохла, корозія сферичної і конічно – циліндричної частини пальця
№11	0,33	38,3 %	корозія корпусу і конічно - циліндричної частини пальця
№12	0,36	43,3 %	деформація і корозія корпусу
№13	0,39	48,3 %	відсутні
№14	0,46	60 %	корозія корпусу і пальця, розриви чохла
№15	0,54	73,3 %	відсутні
№16	0,59	81,7%	корозія різьбової частини пальця
№17	0,64	90 %	порушення герметичності захисного чохла
№18	0,68	96,7 %	корозія корпусу
№19	0,68	96,7 %	розриви чохла, корозія сферичної і конічно-циліндричної частини пальця
№20	0,72	103,3 %	люфт пальця, розриви, розтріскування чохла
№21	0,74	106,7 %	люфт пальця, корозія корпусу і конічно-циліндричної частини пальця
№22	0,81	118,3 %	люфт пальця, корозія корпусу
№23	0,84	123,3 %	люфт пальця, розриви чохла
№24	0,86	126,7 %	люфт пальця, розриви чохла
№25	0,88	130 %	люфт пальця, корозія корпусу і конічно-циліндричної частини пальця
№26	0,89	131,7 %	люфт пальця, корозія сферичної частини пальця
№27	0,91	135 %	люфт пальця, деформація корпусу
№28	0,92	136,7 %	люфт пальця
№29	0,94	140 %	люфт пальця, корозія корпусу
№30	0,96	143,3 %	люфт пальця, розриви чохла

Аналіз таблиці 1.1 показав що основними причинами виходу з ладу кульових шарнірів є руйнування полімерного шару, деформація кульового пальця і корпусу, пошкодження захисного чохла і т. д.

Ознаки прояви для всіх пошкоджень виявляються візуально.

1.3 Методи і способи випробувань і діагностування кульових шарнірів

Працездатність шарнірів визначається величиною зазору в їх сполученнях. Перевищення допустимих норм цих зазорів визначається водієм суб'єктивно по появі вібрацій на рульовому колесі, стукотів і сторонніх звуків від підвіски і ходової частини автомобіля, по втраті керованості автомобіля при русі, однак ці ознаки також з'являються і при несправності інших елементів ходової частини і рульового управління (сайлент-блоки, підшипники, рульові тяги і їх наконечники, амортизатори і шарніри їх кріплення). Вище представлені факти призводять до зниження довговічності роботи підвіски, підвищеного зносу шин і підшипників коліс. Відбувається зниження активної безпеки автомобіля [13].

Одним із завдань цього дослідження є розробка способу діагностування кульових шарнірів з різним ступенем зносу, що надає найбільш достовірну інформацію про їх технічний стан [5].

Випробування кульових шарнірів, як і будь-яких інших пристроїв, механізмів і елементів поділяються на кілька типів (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 - Типи випробувань пристроїв, механізмів і елементів

Для прогнозування, а так само визначення встановленого експлуатаційного ресурсу кульових шарнірів, а також для визначення їх технічного стану, автомобільні підприємства проводять різні прискорені

дорожні, лабораторні та стендові випробування і дослідження підвісок. Всі існуючі способи випробування і діагностування кульових шарнірів підвіски з метою виявлення даних про технічний стан і довговічність умовно поділяються на групи представлені на рисунку 1.6 [13].

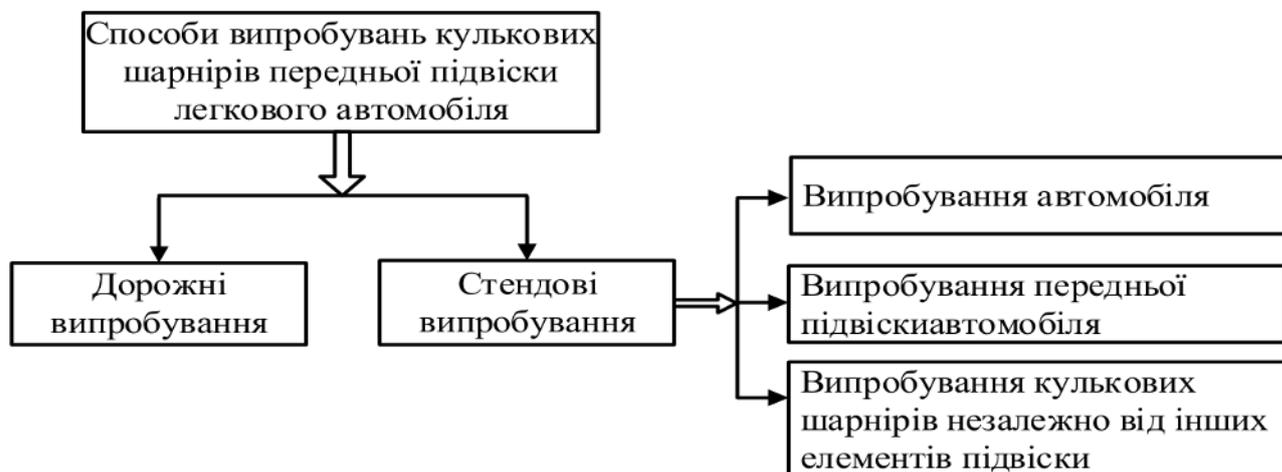


Рисунок 1.6 - Способи випробувань і діагностування кульових шарнірів підвіски автомобілів

Іноді отримання достовірної інформації при проведенні дорожніх досліджень на довговічність і надійність представляється найбільш раціональним, оскільки забезпечується максимальне наближення режимів навантаження при випробуванні до експлуатаційних режимів. Однак вище представлений метод при всій своїй простоті плану випробувань, зрозумілості, і порівнянності результатів має недоліки, такі як висока вартість, складність і тривалість реалізації [13].

Найбільш ефективним способом дослідження кульових шарнірів є його відтворення в лабораторних умовах. При цьому точність відтворення процесу, визначає повноту і достовірність інформації [5]. Недолік даного способу є необхідність зняття кульового шарніра, що більшу частину загального часу виконання операції діагностики.

Випробування передньої підвіски в зборі спрощують випробування кульових шарнірів і дозволяють значно знизити додаткові труднощі, що

виникають при створенні необхідних умов проведення випробувань, наближеним до реальних умов експлуатації. Це дозволяє отримати результати з високим ступенем достовірності. Недолік таких випробувань - неможливість отримання достовірної інформації про зміну параметрів окремих елементів підвіски таких як кулькові шарніри і ін.

Негативним моментом є також невиправдані витрати (енерговитрати, часові, матеріальні, і т. д.) на випробування підвіски в цілому в умовах, коли необхідно отримати достовірну інформацію про характер зміни параметрів певного елемента підвіски [13].

Тому існує потреба в розробці нового способу випробувань і діагностування кульових шарнірів підвіски автомобілів - випробування і діагностування шарнірів спільно з іншими елементами підвіски.

В загальному випадку матеріали в конструкціях піддаються різноманітним за характером навантаженням, працюють в складному напружено-деформованому стані. Стохастичні навантаження, які змінюються за величиною в часі від нерівностей дороги при експлуатації, викликають коливальні процеси елементів конструкцій та їх малоциклову втому.

Втома матеріалу – це процес поступового накопичення пошкоджень матеріалу під дією змінних (часто циклічних) напружень, що призводить до зменшення несучої здатності в результаті утворення тріщин та їх розвитку до граничного стану. Такий вид руйнування називають втомним руйнуванням.

1.4 Аналіз досліджень з визначення вібронавантаженості елементів автомобіля

Значний інтерес до вібраційних методів діагностування зумовлений високою інформативністю вібраційних сигналів про стан механічних систем. На сьогодні вібродіагностика є інструментом виявлення найрізноманітніших дефектів устаткування, наприклад, таких як дисбаланс, ослаблення заклепкових з'єднань, обрив анкерних болтів або виникнення тріщин.

В інших галузях техніки вібрації багатьох видів машин нормуються для дотримання норм безпеки праці, заданих віброакустичних полів корабельних машин, вібронавантажень на фундаменти, для підвищення надійності і віброміцності. Однак оптимізація конструктивних параметрів, розробка норм і методів контролю вібрації при виготовленні і у цих галузях не пов'язані кількісно зі створенням машин заданого ресурсу.

Практичне застосування вібраційної діагностики машинного устаткування ґрунтується на використанні стандарту ISO 2372–74 та ISO 10816-3-2009. Методи визначення вихідних і граничних вібраційних діагностичних параметрів і періодичності діагностування у відомих роботах не знайдені. Одним із найефективніших методів експериментального визначення вібраційних характеристик механізмів є спектральний аналіз. Даний аналіз дозволяє повною мірою експериментально встановити пропорційну залежність зміни вібрації від навантаження, частоти обертання, зазорів, геометричних неточностей, яка широко використовується в алгоритмах діагностування машин і механізмів. На основі спектрального аналізу можна зробити висновки щодо технічного стану вузлів, агрегатів та автомобіля в цілому.

Проблема вібронавантаженості тісно пов'язана з циклічною міцністю, яка оцінюється граничним станом матеріалу конструкцій за певними критеріями пошкоджуваності [3]:

- накопичення пошкоджень до критичного стану конструкції за лінійною теорією додавання;
- оцінка пошкоджуваності матеріалу за розсіюванням характеристик твердості;
- встановлення критичного розміру тріщини від розміру зерна матеріалу;
- встановлення критичного значення динамічного КІН;
- відношення суми довжини пошкоджених границь зерен до довжини всіх границь та іншими.

Для конструкцій несучих систем транспортних машин характерним є поняття динамічної тріщиностійкості, яка описується критичним значенням КІН.

Критичне значення динамічного КІН збільшується багаторазово в порівнянні зі статичним як для сталей так і для полімерних матеріалів.

Вирішення проблеми вібронавантаженості та збільшення циклічної міцності в певній мірі залежить від заміни малоциклового характеру втоми на багатоциклову, де відсутні зони пластичного деформування. Якщо при статичному навантаженні критичну величину КІН можна рахувати константою при виконанні умов міцності механіки руйнувань, то при динамічному експериментальному визначенні критичне значення тріщиностійкості залежить від швидкості завантаження, способу прикладання навантаження і не є константами. Нами висувається гіпотеза, що на практиці воно може бути відрегульовано зміною поля вібронавантаженості через зміну характеристики, наприклад, підвіски.

Ресурс роботи транспортних машин в значній мірі визначається міцністю несучих конструкцій.

Теоретичних математичних рішень щодо визначення допустимої вібрації стосовно до підшипникових вузлів і зубчастих передач не знайдено. Розроблені ідеалізовані одномірні та багатомірні діагностичні моделі, представлені у вигляді динамічних систем із n – ступенями свободи, описаних системою диференціальних рівнянь дозволяють лише в деяких випадках кількісно зв'язати дефекти механізму зі зміною властивостей вібраційних процесів.

Проведені експериментальні і статистичні дослідження вібраційних відмов механізмів машин показали: надійність машин характеризується певними рівнями вібрації, перевищення яких викликає зміну структури матеріалів, інтенсивне накопичення пошкоджень втоми і пластичних деформацій, віброповзучість в елементах конструкції, порушення нормального функціонування та зниження еластичності пружних систем механізмів, втрату жорсткості та стійкості конструкції.

1.5 Методи та засоби вібродіагностування агрегатів автомобіля

Віброознаки у вигляді інтенсивності коливань, що передаються через повітряний простір або через поверхні частин автомобіля, можуть бути комплексним інтегральним показником накопичення пошкоджень (дефектів) від зношування поверхонь тертя у вузлах тертя, збільшення теплових зазорів тріщин несучих елементів конструкцій і таке інше.

Збільшення амплітуд віброприскорень може бути зафіксоване сучасними програмно-апаратними комплексами на основі мікроелектронних акселерометрів шляхом порівняння з еталонами та нормами.

Зміна спектрів вібронавантаженості елементів конструкцій пропорційно пов'язана із зміною технічного стану механічної системи.

Розшифрувати цю зміну можна через розкладання спектру, методом швидкого перетворення Фур'є. Задачею досвідченого діагноста є локалізація зон можливого конкретного руйнування, накопичення бази дефектів власних експериментальних досліджень, а також досліджень інших науковців, що дозволить більш оперативно виконувати задачі оцінки технічного стану конструкцій механічних систем за віброознаками.

Тому при технічному обслуговуванні потрібен індивідуальний підхід до кожного автомобіля. Це означає, що перед технічним обслуговуванням, в процесі його виконання або на заключному етапі проводиться обстеження автомобіля та окремих його агрегатів за встановленою методикою і певними ознаками із застосуванням спеціального обладнання та приладів.

При цьому виявляють приховані несправності, що викликають необхідність, наприклад, регулювання або ремонту, а також встановлюють ресурс (в км пробігу) механізму, вузла чи агрегат, що визначає можливість його роботи до чергового виду обслуговування або ремонту.

Таке індивідуальне обстеження технічного стану автомобіля отримало назву діагностики .

Діагностика розподіляється на загальну і по-елементну або причинну.

Загальна діагностика визначає працездатність автомобіля або інакше - визначення відповідності нормативним даним вихідних показників робочого процесу, наприклад, для двигуна - потужність, для гальм - гальмівний шлях, для зчеплення - відсоток буксування і т. д [5].

По-елементна або причинна діагностика визначає конкретні причини несправностей діагностуючих агрегатів і механізмів автомобіля (порушення регулювань зазорів, натягу пружин та ін.) за непрямими ознаками.

Діагностика є якісно новим елементом технічного обслуговування і з технічної точки зору повинна бути складовою частиною технічного обслуговування автомобілів. У тих випадках, коли її проводять до технічного обслуговування та поточного ремонту або після зазначених впливів, вона називається – цільовою.

У першому випадку діагностику проводять з метою визначення прихованих дефектів, уточнення (коригування) обсягів робіт і періодичності технічного обслуговування і ремонту, у другому - з метою перевірки виконаних робіт [13].

Вібрація, шуми, биття, стуки, витік рідин та інші зовнішні прояви порушень нормального робочого процесу є ознаками несправності механізму або агрегату автомобіля. У діагностиці ознаки використовуються як носії інформації про технічний стан механізму; граничне значення ознаки визначає необхідність обслуговування або ремонту, темп зміни ознаки - ресурс роботи до чергового обслуговування або ремонту.

Діагностичні параметри мають бути чутливими, однозначними, стабільними, інформативними щодо визначення причинно-наслідкових зв'язків із структурними параметрами [5].

На основі проведених досліджень робимо висновок про можливість застосування віброознаки, як комплексного показника технічного стану автомобіля.

При відхиленні параметрів вібрацій від нормативних або еталонних значень слід проводити дослідження за схемою локалізації дефекту при

розшифруванні спектру коливань різними існуючими методами, в тому числі і методами швидкого перетворення Фур'є (ШПФ).

Акселерометр – це прилад для вимірювання сили реакції індукованої прискоренням або гравітацією. Розглянемо деякі види акселерометрів.

П'єзоелектричні акселерометри є універсальними вібродатчиками [3].

ІЕРЕ–акселерометри – це п'єзоелектричні акселерометри з інтегральними передпідсилювачами, які видають в лінії живлення вихідний сигнал у вигляді модуляції напруги. ІЕРЕ–акселерометри спеціально призначені для вимірювання вібрацій в малих структурах (наприклад, малогабаритних). Їх висока вихідна чутливість, високе відношення сигнал/шум і широка смуга пропускання дозволяють використовувати їх і як пристрої загального призначення, і для вимірювання високочастотних вібрацій. Ці дешеві і легкі акселерометри є інструментами з дуже хорошими робочими характеристиками, що мають більш високу вихідну чутливість, ніж стандартні п'єзоелектричні акселерометри (без інтегральних передпідсилювачів). Вони герметизовані для захисту від забруднень навколишнього середовища, мають низьку сприйнятливості до електромагнітного випромінювання на радіочастотах і низький вихідний повний опір завдяки зовнішньому джерелу постійного струму. Низькоімпедансний вихід дозволяє використовувати недорогі коаксіальні кабелі. ІЕРЕ-акселерометри є недемпфованими високочастотними акселерометрами. При вимірах слід вживати заходів, щоб уникнути «дзвону» акселерометра і виникнення умов перевантаження.

Робочий частотний діапазон акселерометрів залежить від енергії механічних коливань, що генеруються механічними системами, що звичайно зосереджена у відносно вузькому діапазоні частот, що тягнеться від 10 до 1000 Гц. Однак, вимірювання та аналізу нормально підлягає діапазон з верхньою межею близько 10 кГц, так як частоти деяких складових механічних коливань можуть перебувати в області більш високих і високих частот. Отже, робочий частотний діапазон використання акселерометра повинен перекривати частотний діапазон вимірюваних і аналізованих коливань.

1.6 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД «Автоцентр Поділля»

Найменування підприємства: товариство з обмеженою відповідальністю «ТД«Автоцентр Поділля».

Адреса: м. Вінниця, вул Хмельницьке шосе, 145.

ТОВ «ТД«Автоцентр Поділля».є офіційним дилером компаній- виробників автомобілів «Хонда»,«Сітроен», «Форд» у м. Вінниці і Вінницькій області.

ТОВ здійснює передпродажну підготовку і продаж автомобілів, гарантійне і післягарантійне обслуговування, поточний ремонт цих марок, а також продаж оригінальних запасних частин і аксесуарів.

ТОВ вдало розташоване в густо населеному мікрорайоні Вишенька в західній частині обласного центру на перехресті вулиць Воїнів Інтернаціоналістів і Василя Порики, на яких завжди інтенсивний рух автомобілів. Поряд розташовані великі торгово-сервісні центри «Гранд», «Магігранд», «Мегапол», «Фуршет», що сприяє активним пересуванням населення в цьому районі.

Проектне рішення ТОВ в рамках реалізації концепції клієнтоорієнтованих технологій суміщує вимоги виконання дилерських стандартів продуцентів-виробників автомобілів і має всі необхідні елементи [1]:

- функціональний зв'язок приміщень;
- архітектурне виконання;
- ідентифікацію дилерів;
- внутрішній дизайн і освітлення;
- внутрішню обстановку;
- матеріали і кольорові рішення;
- сервісне і технічне обслуговування;
- території, які знаходяться за межами приміщень центру.

Приміщення ТОВ «ТД«Автоцентр Поділля» побудовано в сучасному архітектурному стилі з вікнами виставкового залу від підлоги до стелі. Таким чином автомобілі в салоні видно з прилеглих вулиць .

До складу головних функціональних зон ТОВ, які забезпечують виконання виробничих бізнес-процесів, входять: автосалон і зони обслуговування клієнтів; СТО і склад запасних частин; адміністрація, зони побутового призначення і службові приміщення.

Як і всі структурні підрозділи ТОВ, СТО реалізує ринкову і технічну політику компаній - виробників автомобілів «Хонда» ,«Сітроєн», «Форд», використовує їх технології, сертифіковане виробниками обладнання та програмне забезпечення.

СТО зарекомендувала себе на ринку автосервісних послуг області як надійний партнер, показала відкритість і спрямованість на клієнтів, демонструє професіоналізм робітників і високий рівень сервісу.

Завжди можна отримати кваліфіковану консультацію і допомогу при виборі автомобіля в салонах компанії «ТД«Автоцентр Поділля», надаються послуги кредитування, лізингу, страхування, trade-in, допомога при реєстрації в ДАІ.

Завдяки наявності спеціалізованого обладнання і різноманітного заводського спеціального інструменту СТО маємо можливість займатися будь-яким видом ремонту різних автомобільних брендів.

Основним видом діяльності СТО є технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів.

Основні клієнти СТО – приватні та корпоративні власники автомобілів марок «Хонда»,«Сітроєн», «Форд» різних типів, моделей і комплектацій:

На сьогоднішній день СТО може запропонувати такі послуги:

- діагностика і ремонт ходової і гальмівної частини (включаючи профілактичні та відновлювальні роботи);
- заміна технічних вузлів, агрегатів;
- заміна технічних рідин;

- монтажні роботи;
- зварювальні роботи;
- шиномонтажні та регулювальні роботи (шиномонтаж, балансування, викочування колісних дисків будь-якого типу і складності);
- ремонт шин;
- розвал-сходження керованих коліс;
- діагностика та ремонт бензинових і дизельних двигунів;
- профілактика та ремонт будь-яких турбін двигунів;
- чистка і ремонт паливних систем;
- діагностика та ремонт електрообладнання (генераторів, стартерів);
- ремонт і відновлення проводки;
- прошивка та адаптація електронних блоків управління;
- відновлення і прив'язка ключів запалювання та іммобілайзерів;
- заправка і обслуговування кондиціонерів;
- кузовні роботи (рихтування, підготовка, фарбування, полірування, заміна пошкоджених деталей та вузлів, перевірка геометрії кузова, обробка кузова);
- прибирально-мийні роботи;
- хімічна чистка і обробка кузова і салону;
- полірувальні роботи, обробка кузова тефлоновим і молекулярним покриттям;
- хімічистка салону автомобільною косметикою;
- установка додаткового обладнання (тонування, установка сигналізацій, датчиків парковки, магнітол, навігаційного обладнання, установка навісного обладнання та захистів ДВЗ);
- зберігання шин на спеціально обладнаному складі з дотриманням всіх температурних умов на будь-який термін.

В даний час в місті обслуговуються легкові автомобілі різних марок і модифікацій, що належать громадянам. Аналізуючи роботу існуючих СТО м. Вінниця, і вивчивши досвід проектування СТО, необхідно враховувати наступне:

- зростання парку легкових автомобілів зарубіжного виробництва вимагає створення універсальних СТО здатних максимально задовольнити потреби у виробництві робіт ТО і ПР;

- оснащення СТО механізованим обладнанням.

Система обслуговування приватних автомобілів має такі особливості [4]:

- ТО, ПР і діагностика автомобілів здійснюється на СТО на основі заяви власника;

- СТО не має визначеної сфери обслуговування і закріпленої клієнтури;

- планово-попереджувальна система існує, але вона для власника автомобіля частково регламентує періодичність ТО і ремонту;

- власник користується правом на вибіркове проведення операцій по ТО і ПР;

- на СТО можуть виконуватися капітальні і часткові ремонти автомобілів, вузлів, агрегатів.

В системі розрахунків за послуги та в системі планування і доставки запасних частин існують такі специфічні особливості:

- витрати на ТО, ремонт та експлуатацію автомобіля несе його власник;

- кількість необхідних запасних частин для автомобілів визначає слюсар-ремонтник, узгоджуючи це з власником автомобіля і замовляє запчастини в автомагазині при СТО, або власник забезпечує ними самостійно;

- діє система гарантійних зобов'язань.



Рисунок 1.7 – Структура системи ТО і ПР приватних легкових автомобілів

Визначивши потенційну ємність ринку та дослідивши її розподіл між конкурентами, зводимо дані у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Розподіл потенційної ємності на ринку між СТО та їх категорії

Позначення на рисунок 1.8 та 1.9	Назва СТО	Частка Ринку, %	Категорія СТО
СТО – 1	«Вінниччина-Авто»	22	1-4
СТО – 2	«Автотрейдинг-Вінниця»	11	1-4
СТО – 3	«Джерман-Центр»	17	2-3
СТО – 4	«Вининтер»	15	2-3
СТО – 5	«Буг Авто»	10	2-3
СТО – 6	Дрібні приватні майстерні, гаражі	10	1
СТО – 7	Вільна частина ринку	15	-

Графічне відображення позиціонування наведено на рисунках 1.8 та 1.9.

Дані для побудови діаграми зібрані шляхом обстеження ринку, тобто аналізом діяльності конкурентів та опитуванням споживачів.

У ході маркетингового дослідження з'ясовано, що при покупці автомобіля покупці звертають увагу, у першу чергу, на споживчі властивості, ціну послуги й рівень їх якості, і вже потім - на престижність і фактори індивідуалізації. У ході опитування була виявлена наступна залежність: чим вище рівень доходу респондента, тим вище для нього грають престижність і фактори індивідуалізації.

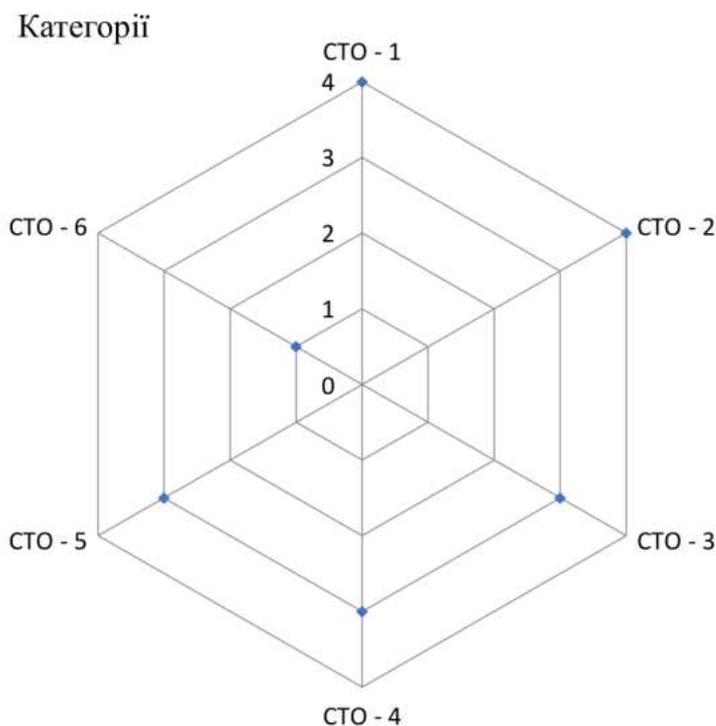
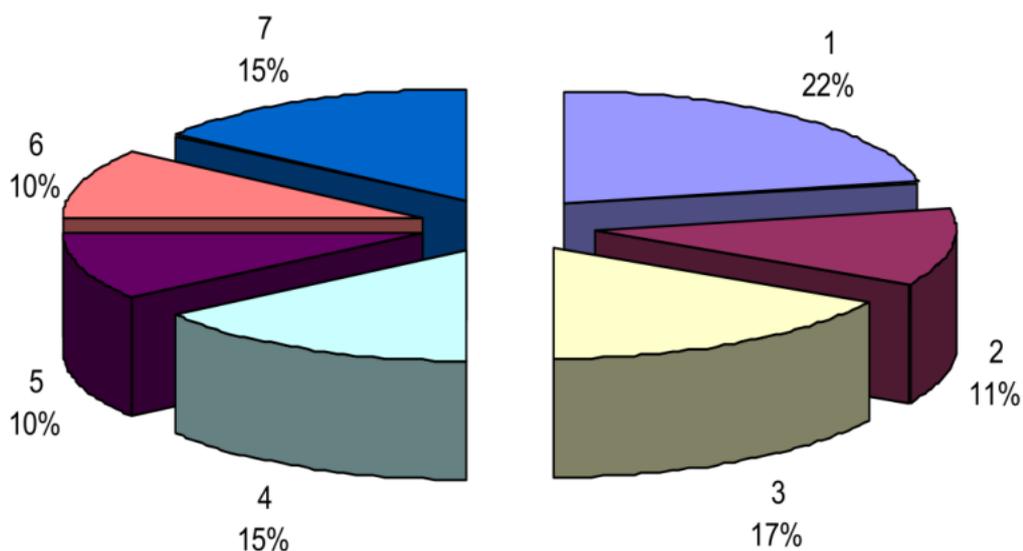


Рисунок 1.8 - Графічне відображення розподілу СТО за категоріями



1 – «Вінниччина-Авто»; 2 – «Автотрейдинг-Вінниця»; 3 – СТО «Джерман-Центр»; 4 – «Винитер»; 5 – «Буг Авто»; 6 – дрібні приватні майстерні, гаражі; 7 – вільна частина ринку;

Рисунок 1.9 - Графічне відображення вільної частини ринку та частин, які займають конкуренти

Станція займається технічним обслуговуванням та ремонтом автомобілів спеціалізуючись за окремими марками автомобілів. Виконується ТО, поточний ремонт, капітальний ремонт агрегатів. СТО надає майже усі види послуг по ремонту автомобілів.. Також можливе проведення додаткових робіт на вимогу покупця, таких як: антикорозійна обробка, тонування скла, встановлення сигналізації, центрального замка, звукової системи тощо.

Територія СТО межує з територією ТОВ «Промавтоматика».

СТО має 13 постів обслуговування і ремонту. В головному корпусі розташовані: пост комп'ютерного діагностування; пост регулювання і встановлення керованих коліс, 6 постів технічного обслуговування і поточного ремонту. Крім того СТО має пост миття автомобілів перед ТО та ПР.

СТО має сучасні діагностичні стенди, мийку високого тиску, пристрої для балансування коліс, для ремонту шин, зварювальний напівавтомат.

На СТО встановлена сучасна система вентиляції, обладнана кімната для відпочинку власників автомобілів, які проходять ТО або ремонтуються. За день СТО обслуговує 10 – 15 автомобілів.

1.7 Висновки до розділу 1

1. Вивчення літературних джерел показало, що на керованість і безпеку руху в першу чергу впливають несправності кульових шарнірів рульового механізму і кульових шарнірів підвіски. Зменшення кількості автомобілів, які знаходяться в експлуатації в стані близькому до критичного, є важливим фактором зниження високої аварійності на дорогах.

2. Проведено аналіз видів пошкоджень кульових шарнірів. Встановлено, що основними видами пошкоджень кульових шарнірів є знос полімерного вкладиша (40% зразків), порушення цілісності захисного чохла (32% зразків), знос сферичної частини пальця (18% зразків).

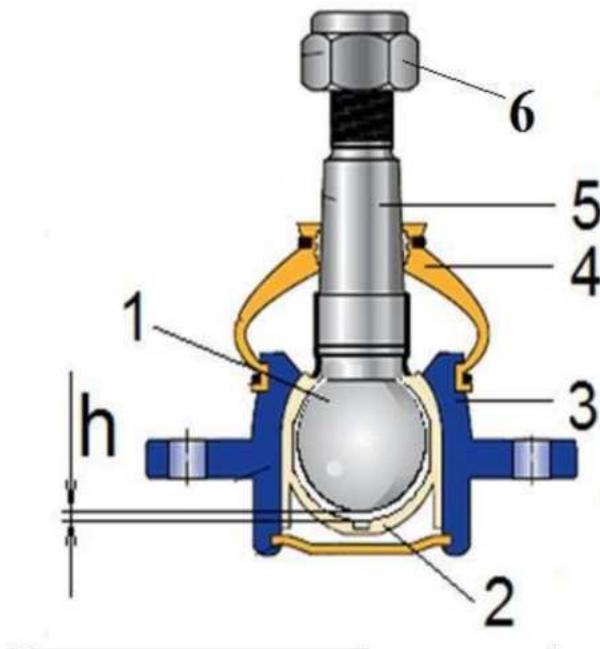
3. Проаналізовано способи випробувань і діагностування кульових шарнірів підвіски автомобілів, визначено їх переваги і недоліки. Зроблено висновок про необхідність розробки нового способу випробувань і діагностування кульових шарнірів підвіски автомобілів - випробування і діагностування шарнірів спільно з іншими елементами підвіски.

4. Проведений техніко-економічний аналіз діяльності СТО показав, що площі земельної ділянки, виробничі площі та площі адміністративно-побутових приміщень дають можливість подальшого розвитку і переобладнання виробничо-технічної бази підприємства з метою покращення надання послуг обслуговування і ремонту автомобілів індивідуальних власників.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ОСЬОВОГО ЗАЗОРУ У КУЛЬКОВИХ ШАРНІРАХ ПЕРЕДНЬОЇ ПІДВІСКИ ТИПУ «МАКФЕРСОН» ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

2.1 Удосконалення математичної моделі зміни технічного стану кулькового шарніра

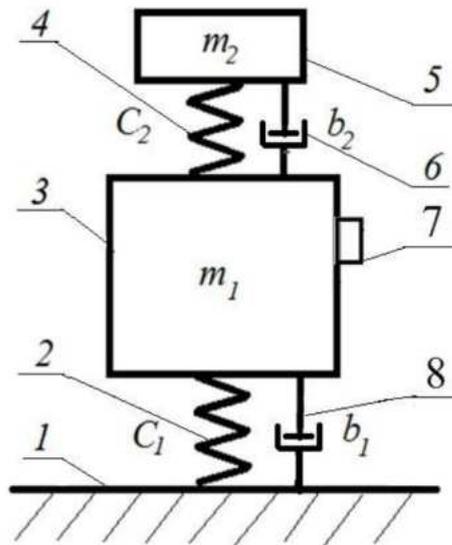
При побудові математичної моделі діагностики підвіски ключовими елементами є відносна зміна деякого параметра моделі і її вплив на вібросигнал. В даній магістерській кваліфікаційній роботі це є зміщення кульового пальця всередині корпусу шарніра у вертикальній площині, що обумовлено зазором в сполученні полімерного вкладиша і кулькового пальця та призводить до появи вібрації всередині шарніра (рисунок 2.1).



1 - сферична частина пальця, 2 - вкладиш, 3 – корпус шарніра, 4 – захисний чохол, 5 – палець, h – зазор в спряженні «вкладиш-головка шарового пальця»

Рисунок 2.1 – Розріз шарового шарніра

Розрахункову схему підвіски можна представити у вигляді блокової структури (рисунок 2.2) [17].



1 – рама досліджуваного стенда, 2 – пружний елемент з коефіцієнтом жорсткості c_1 , 3 – діагностуємий механізм, 4 - пружний елемент з коефіцієнтом жорсткості c_2 , 5 – виконавчий механізм, 6 - демпфер з в'язкістним опором b_2 , 7 – вібродатчик, 8 - демпфер з в'язкістним опором b_1

Рисунок 2.2 – Розрахункова схема - «головка шарового пальця - полімерний вкладиш»

Перший блок - діагностуємий механізм I, включає в себе масу 3 (приведена маса важеля підвіски 1, маса корпусу кульового шарніра 3, маса вібродатчика 7), пружного елемента 2 має коефіцієнт жорсткості c_1 (жорсткість важеля 5 має пружність в шарнірному з'єднанні 6) Н / м, демпфер 8 володіє в'язкістним опором b_1 , Нс / м.

Другий блок представляє собою виконавчий механізм II і включає в себе масу m_2 (поворотний кулак 8, палець кульового шарніра 2, ступічний підшипник 7, гайка кріплення пальця 4, направляючий елемент 10 і гідроциліндр 1), пружний елемент має коефіцієнт жорсткості c^2 , Н / м (жорсткість вкладиша 2 з можливістю присутності зазору h), демпфер 6 з в'язкісним опором b_2 , Нс / м.

Припущення, що використовуються при складанні математичної моделі:

1) в досліджуваному діапазоні амплітуд гармонійного кінематичного збурення, коефіцієнт жорсткості c_1 приймаємо постійним (система лінійна);

2) сухе тертя в шарнірі опускаємо дисипативні сили в сполученнях b_1 і b_2 (сили в'язкого опору) - залежить від швидкості лінійно, причому $b_2 \ll b_1$;

3) виконавчий механізм II задає лінійне примусове переміщення кулькового пальця 2, в розрахунковій схемі приймаємо масу $m_2 = 0$;

4) вкладиш являє собою пружне середовище. Зазор h в сполученні головки і вкладиша описує їх пружну взаємодію кусочно-лінійною характеристикою ($c_2 \rightarrow \infty$, якщо $|x - y| \leq h$; $c_2 = 0$, якщо $|x - y| > h$).

Математична модель зміни технічного стану кулькового шарніра:

$$m_1 \ddot{x} + b_1 \dot{x} + c_1 x + (\dot{x} - \dot{y}) b_2 + (x - y) c_2 = 0, \quad (2.1)$$

де x – вертикальний рух маси m_1 ;

\dot{x} – швидкість маси m_1 , м/с;

\ddot{x} – прискорення маси m_1 , м/с²;

y – кинематична дія маси m_2 , м;

b_1 – в'язкісний опір у спряженні «ричаг - рама станда», м²/с;

b_2 – в'язкісний опір у спряженні «головка пальця - полімерний вкладиш», м²/с;

c_1 - коефіцієнт жорсткості спряження «ричаг – рама станда», кг/с²;

c_2 - коефіцієнт жорсткості спряження «головка пальця - полімерний вкладиш», кг/с².

$$y = y_0 \sin \omega t, \quad (2.2)$$

де $y_0 = 0,01$ м – переміщення маси m_2 , забезпечують роботу станда з частотою 2 Гц;

\dot{y} – швидкість «безінерційної частини установки», м/с;

ω - частота кінематичної дії, знаходиться в межах $6 - 18 \text{ с}^{-1}$ (що відповідає частоті роботи стенда $1 - 2 \text{ Гц}$ і рухом автомобіля по дорозі з гравійним покриттям зі швидкістю $5-15 \text{ км/год}$);

t – час, с.

Проведемо математичне перетворення диференціального рівняння (2.1), переписем його в наступному виді:

$$m_1 \ddot{x} + (b_1 + b_2) \dot{x} + (c_1 + c_2) x = b_2 \dot{y} + c_2 y, \quad (2.3)$$

Приводим рівняння (2.2) до нормального виду:

$$\ddot{x} + \frac{b}{m} \dot{x} + \frac{c}{m} x = \frac{b_2}{m} \dot{y} + \frac{c_2}{m} y, \quad (2.4)$$

$$\frac{b}{m} = nd, \quad (2.5)$$

$$\frac{c}{m} = k^2, \quad (2.6)$$

$$\frac{b_2}{m} = nd_1, \quad (2.7)$$

$$\dot{x}_0 = x_1, \quad (2.8)$$

$$\dot{x}_1 = -ndx_1 - k^2 x_0 + \frac{b_2}{m} \dot{y}(t) + \frac{c_2}{m} y(t), \quad (2.9)$$

Приведемо вихідне диференціальне рівняння до безрозмірного виду. Для цього проводимо наступні перетворення:

помножимо вираз (2.3) $\frac{1}{m_1 y_0 \omega^2}$, і введемо позначення $\xi = \frac{x}{y_0 \omega^2}$

отримаємо:

$$\xi + \frac{b_1 + b_2}{m_1 y_0 \omega^2} \frac{k}{k} \dot{x} + \frac{c_1 + c_2}{m_1 y_0 \omega^2} \frac{k^2}{k^2} x = \frac{b_2 y}{m_1 y_0 \omega^2} + \frac{c_2 y}{m_1 y_0 \omega^2}, \quad (2.10)$$

Проведемо перестановку складових у виразі (2.10), отримаємо:

$$\xi + \frac{b_1 + b_2}{m_1 k} \frac{\dot{x}}{y_0 \omega} \frac{k}{\omega} + \frac{c_1 + c_2}{m_1 k^2} \frac{\dot{x}}{y_0} \frac{k}{\omega^2} = \frac{b_2 y}{m_1 y_0 \omega^2} + \frac{c_2 y}{m_1 y_0 \omega^2}, \quad (2.11)$$

Введемо наступні позначення: $\frac{b_1 + b_2}{m_1 k} = \varepsilon_1 \frac{1}{\eta}$; $\frac{c_1 + c_2}{m_1 k^2} = dg \frac{1}{\eta^2}$,

Проведемо відповідні заміни в виразі (2.11):

$$\xi + \frac{\varepsilon_1}{\eta} \xi \frac{k}{\omega} + \frac{dg}{\eta^2} \xi \frac{k^2}{\omega^2} = \frac{b_2 y}{m_1 y_0 \omega^2} + \frac{c_2 y}{m_1 y_0 \omega^2}, \quad (2.12)$$

де $\ddot{\xi} = \frac{\ddot{x}}{y_0 \omega^2}$, $\dot{\xi} = \frac{\dot{x}}{y_0 \omega}$, $\xi = \frac{x}{y_0}$, - безрозмірне змінне: прискорення,

швидкість і зміщення маси m_1 ;

$$k = \sqrt{\frac{c_1}{m_1}}, \text{ c}^{-1} \text{ - власна частота коливань маси } m_1,$$

$$\eta = \frac{\omega}{k}, \text{ - відносна частота, c}^{-1},$$

$$\tau = \omega t, \text{ - безрозмірний час,}$$

Безрозмірні параметри: $\frac{b_1 + b_2}{m_1 k} = \varepsilon_1; \frac{b_2}{m_1 k} = \varepsilon_2$, - коефіцієнти демпфування, $\frac{c_1 + c_2}{m_1 k^2} = g_1, \frac{c_2}{m_1 k^2} = g_2$ - коефіцієнти жорсткості.

В процесі моделювання враховували вібрації, які генерувались установкою (насос, електродвигун, гідроциліндр, розподільник), в процесі моделювання вони були близькими до білого шуму, тобто випадковому сигналу, відрахунки якого некорелюються один з одним [3].

$$\frac{kb_2 y_0 \omega \cos \tau}{km_1 y_0 \omega^2} + \frac{c_2 y_0 \sin \tau}{m_1 y_0 \omega^2} \frac{k^2}{k^2} = \frac{b_2 y}{m_1 y_0 \omega^2} + \frac{c_2 y}{m_1 y_0 \omega^2}, \quad (2.13)$$

$$\dot{y} = y_0 \omega \cos \tau, \quad (2.14)$$

$$y = y_0 \sin \tau, \quad (2.15)$$

$$\frac{b_2}{m_1 k} \frac{1}{\eta} \cos \tau + \frac{c_2}{m_1 k^2} \frac{1}{\eta^2} \sin \tau = \frac{b_2 y}{m_1 y_0 \omega^2} + \frac{c_2 y}{m_1 y_0 \omega^2}, \quad (2.16)$$

$$\ddot{\xi} + \frac{\varepsilon_1}{\eta} \dot{\xi} + \frac{g_1}{\eta^2} \xi = \frac{\varepsilon_2}{\eta} \cos \tau + \frac{g_2}{\eta^2} \sin \tau, \quad (2.17)$$

Введемо позначення: $x_0 = \xi, x_1 = \dot{\xi}$;

$$\dot{x}_1 = -\frac{\varepsilon_1}{\eta} x_1 - \frac{g_1}{\eta^2} x_0 + \frac{\varepsilon_2}{\eta} \cos(t) + \frac{g_2}{\eta^2} \sin(t), \quad (2.18)$$

Далі рівняння (2.1) множимо на рівняння $\frac{1}{m_1 y_0 \omega^2}$ і використовуючи

раніше введені позначення $\ddot{\xi} = \frac{\ddot{x}}{y_0 \omega^2}$, $\dot{\xi} = \frac{\dot{x}}{y_0 \omega}$, $\xi = \frac{x}{y_0}$, отримаємо:

$$\ddot{\xi} + \frac{b_1}{m_1 k} \frac{1}{\eta} \dot{\xi} + \frac{c_1}{m_1 k^2} \frac{1}{\eta^2} \xi + \frac{b_2}{m_1 k} \frac{1}{\eta} (\dot{\xi} - \cos \tau) + \frac{c_2}{m_1 k^2} \frac{1}{\eta^2} (\xi - \sin \tau) = 0, \quad (2.19)$$

Вносимо обмеження і умови для жорсткості c_2 і в'язкості b_2 :

$$c_2 = \begin{cases} 0, \text{ i } fh < (x - y) \\ c_0 \dots \end{cases},$$

$$b_2 = \begin{cases} 0, \text{ i } fh < (x - y) \\ b_0 \dots \end{cases}.$$

$$\ddot{\xi} + \frac{\varepsilon_1}{\eta} \dot{\xi} + \frac{g_1}{\eta^2} \xi + \left[\frac{\varepsilon_2}{\eta} (\dot{\xi} - \cos \tau) + \frac{g_2}{\eta} (\xi - \sin \tau) \right] \text{if } (|\xi - \sin \tau| < h, 0, 1) = 0,$$

$$\text{if } (|\xi - \sin \tau| < h, 0, g_2),$$

$$\text{if } (|\xi - \sin \tau| < h, 0, \varepsilon_2).$$

Рішення і розрахунки проводяться в програмному середовищі Mathcad.

Вихідні данні для розрахунку:

$nt := 3\pi 2$; $\varepsilon_1 := 100$; $\eta := 0,75$; $\Delta := 0,01$; $\varepsilon_2 := 0,1$; $g_1 = 8000$; $g_2 = 10$; $N = 1000$;
 $t = 1$; $vk = 0,05$; $y_0 = 0,01$; $m = 0,02$;

де g_1 – коефіцієнт жорсткості ($g_1 \leftrightarrow c_1$), $\frac{kH}{m}$;

g_2 – коефіцієнт жорсткості ($g_2 \leftrightarrow c_2$), $\frac{kH}{m}$;

ε_1 – коефіцієнт демпфування ($\varepsilon_1 \leftrightarrow b_1$), $\frac{Hc}{m}$;

ε_2 - коефіцієнт демпфування ($\varepsilon_2 \leftrightarrow b_2$), $\frac{Hc}{m}$;

η - відносна частота $\left(\eta = \frac{\omega}{k}\right)$;

$md(m)$ - функція імітації білого шуму;

nt – безрозмірний час ($\tau = \omega t$);

$$c_2 = \begin{cases} \rightarrow \infty, & |x - y| \leq h \\ 0, \dots & \end{cases},$$

$$g_2 = \begin{cases} \rightarrow \infty, & |\xi - \sin \tau| \leq \Delta \\ 0, \dots & \end{cases}. \quad (2.20)$$

$$\Delta = \frac{h}{y_0}$$

де Δ – безрозмірний зазор;

$$z_{wi} = \frac{at_0}{y_0\omega}, \quad (2.21)$$

ZWi – безрозмірне віброприскорення;

a - розмірне віброприскорення, m/c^2 ;

$t_0=0,001$ с - час кроку для побудови графіка функції в програмному середовищі Mathcad, відповідає $N=1000$ - кількість кроків за секунду для побудови графіка функції - мінімальне значення необхідне для адекватної побудови графіка; $\omega=9$ с⁻¹ приймаємо із інтервалу 6-18 с⁻¹.

Отримуємо: $ZWi=0,0125a$.

Далі складаємо матрицю-стовбець для початкових умов, коли стенд нерухомий:

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix};$$

Складемо матрицю-стовбець з координатами x , t яка містить праві частини рівнянь:

$$D(t, x) = \left(-\frac{\varepsilon_1}{\eta} x_1 + \frac{g_1}{\eta^2} x_0 + \left[\frac{-\varepsilon_2 (x_1 - \cos(t))}{\eta} + \frac{g_2 (x_0 - \sin(t))}{\eta^2} \right] \right) \quad (2.22)$$

if ($|x_0 - \sin(t)| < \Delta, 0, 1$) + $md(m)$

Використовуємо стандартну функцію «`rkfixed`» середовища Mathcad, яка повертає матрицю значень рішень для диференціального рівняння, заданого похідними і має початкові умови у на відрізку $[x_1, x_2]$, з використанням постійного кроку, метод Рунге - Кутта. У даній функції задаються наступні параметри: крок, число кроків.

$$z_{w1i} = \frac{-\varepsilon_1 z_{i2}}{\eta} + \frac{-g_1 z_{i1}}{\eta^2}, \quad (2.23)$$

$$z_{w2i} = \left[\frac{-\varepsilon_2 (z_{i2} - \cos(z_{i0}))}{\eta} + \frac{-g_2 (z_{i1} - \sin(z_{i0}))}{\eta^2} \right] \textit{if} (|z_{i1} - \sin(z_{i0})| < \Delta, 0, 1), \quad (2.24)$$

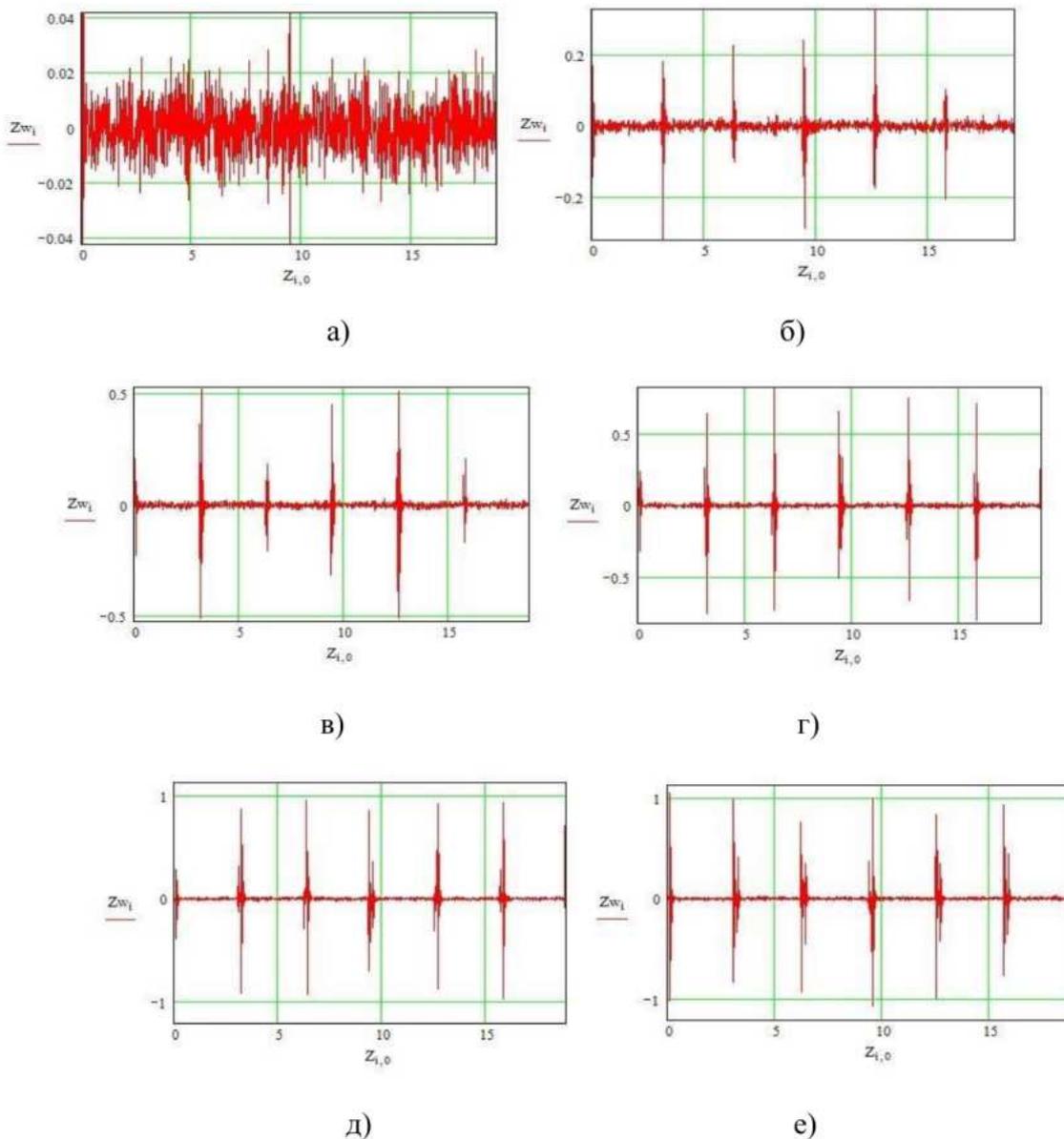
$$z_{wi} = z_{w1i} + z_{w2i} + md(m), \quad (2.25)$$

де $Zw1i$ і $Zw2i$ – складові віброприскорення, описуючі закон руху досліджуваного спряження.

Після внесення всіх обмежень, умов і складання програми зміни технічного стану кулькового шарніра в умовах стендових досліджень, отримуємо графік

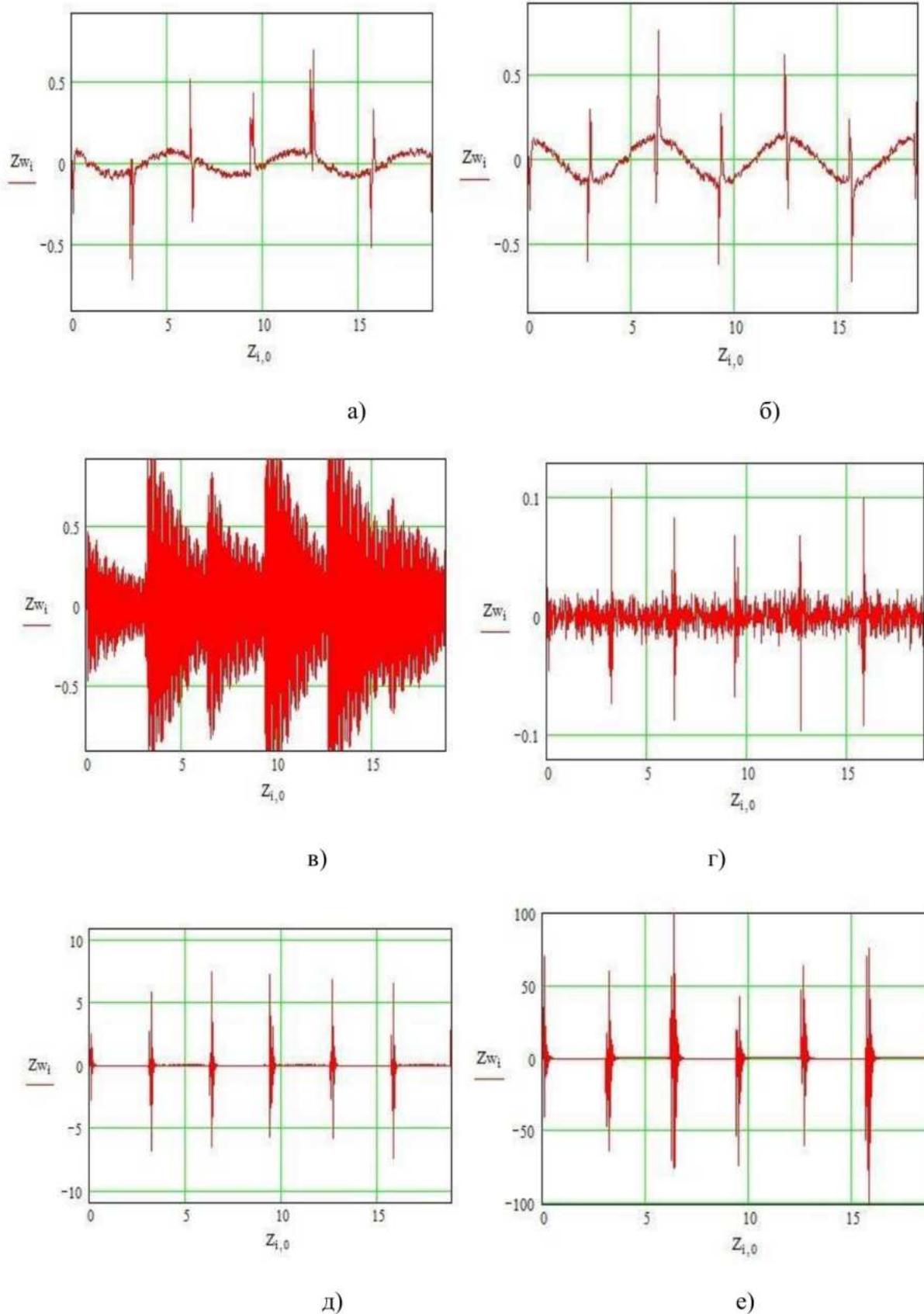
залежності віброприскорення від часу, по горизонтальній осі маємо час, по вертикальній осі - віброприскорення в кульковому шарнірі. Досліджуваний параметр - безрозмірний осьовий зазор Δ , який знаходиться в взаємозв'язку з розмірним зазором h і переміщенням маси m_1 - рівняння (2.19), отримуємо $\Delta = 0,1h$;

Варіюючи значення величини Δ від 0,001, до 0,09 будемо графіки залежності віброприскорення від часу моделювання (рисунок 2.3).



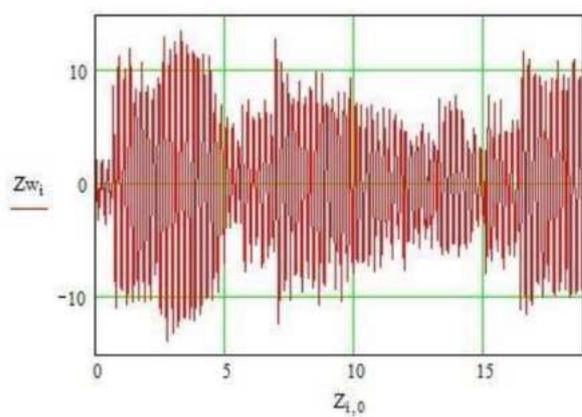
а) 0,001; б) 0,02; в) 0,04; г) 0,06; д) 0,08; е) 0,09

Рисунок 2.3 – Графік залежності віброприскорення від часу, в умовах програмного середовища Mathcad, представлений в безрозмірному вигляді, для значення величини зазору Δ

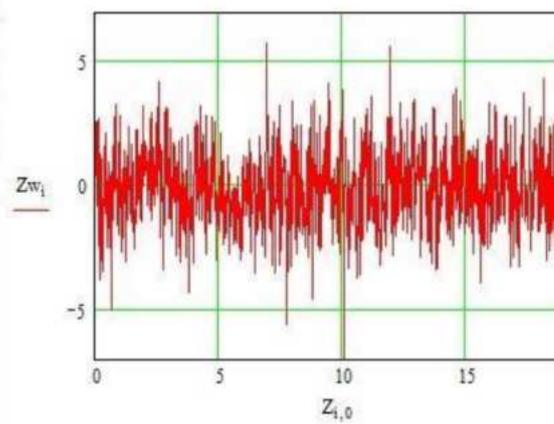


a) $g_1=0,01$; б) $g_1=100$; в) $g_1=10800$, г) $g_2=0,1$; д) $g_2=100$; е) $g_2=1000$

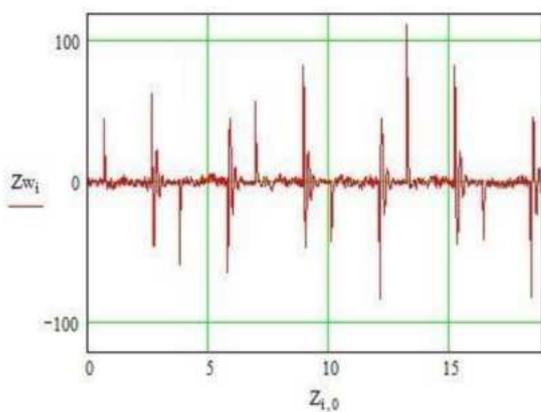
Рисунок 2.4 – Вплив значень параметрів g_1 , g_2 на форму графіка віброприскорення



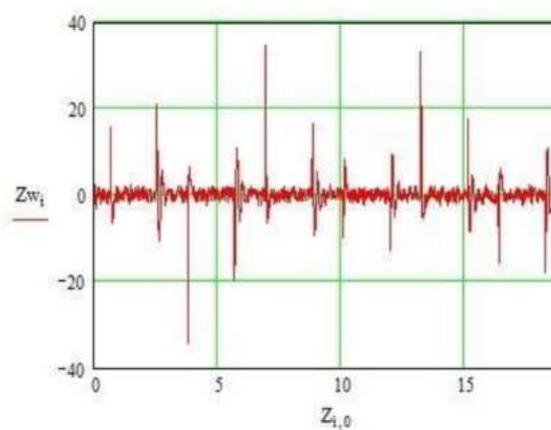
а)



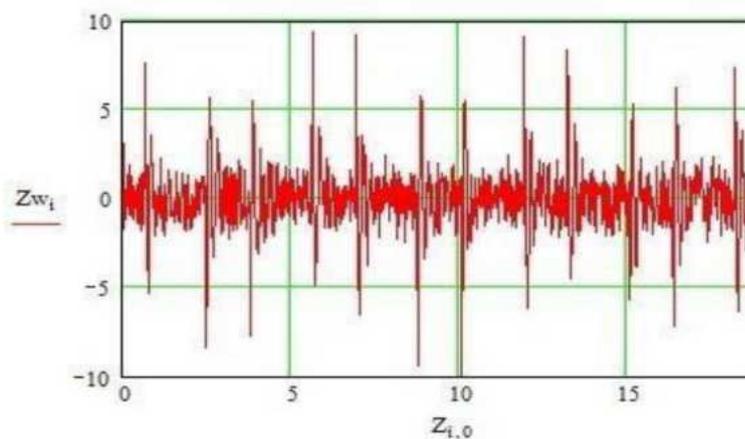
б)



в)



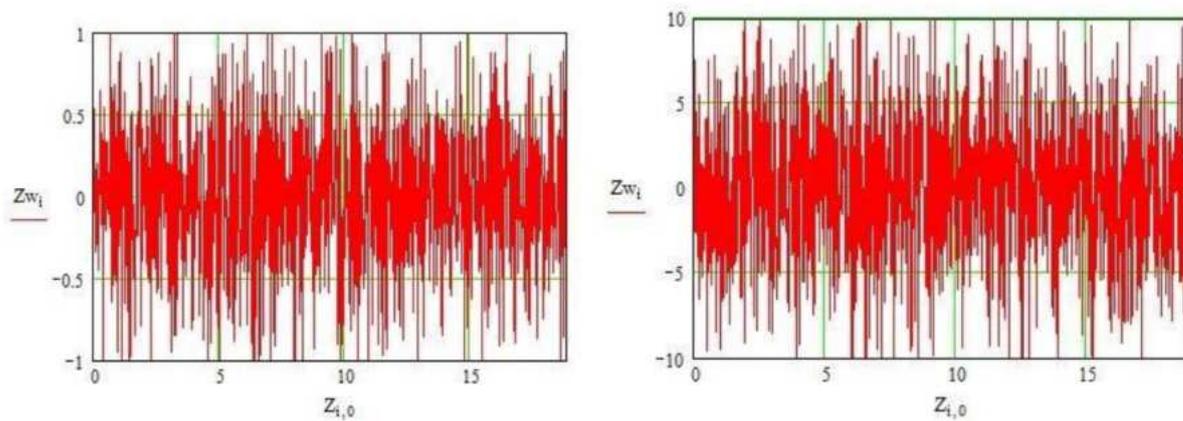
г)



д)

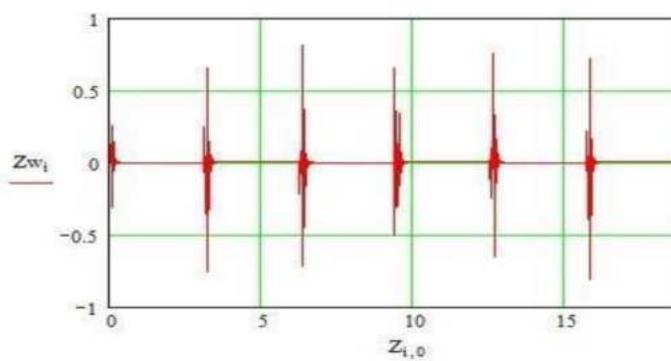
а) $\varepsilon_1=0,1$; б) $\varepsilon_1=100$; в) $\varepsilon_2=100$, г) $\varepsilon_2=30$; д) $\varepsilon_2=0,03$

Рисунок 2.5 – Вплив значень параметрів ε_1 , ε_2 на форму графіка віброприскорення



а)

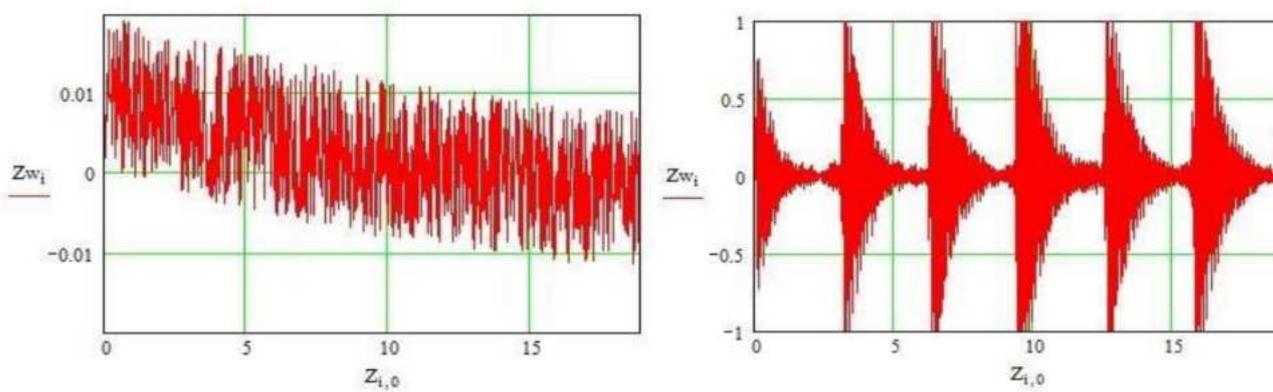
б)



в)

а) $md=1$; б) $md=10$; в) $md=0$

Рисунок 2.6 – Вплив значень параметрів $md(m)$ на форму графіка віброприскорення



а)

б)

а) $\eta=1000$; б) $\eta=0,65$

Рисунок 2.7 – Вплив значень параметрів η на форму графіка віброприскорення

Аналіз отриманої програми показав, що на отриманий графік впливають вхідні параметри системи: $g_1, g_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2, \eta, md(m)$ (рисунки 2.4-2.7, при величині $\Delta = 0,06$).

Інші фактори системи - N, y_0, t, v_k практично не впливають на отриманий графік [20].

На рисунку 2.8 представлений графік залежності величини віброприскорення від величини осьового зазору досліджуваних зразків, отриманий моделюванням в програмному середовищі Mathcad. В процесі переходу від безрозмірних величин до розмірних, побудований графік залежності величини віброприскорення від величини осьового зазору досліджуваних зразків (рисунок 2.9).

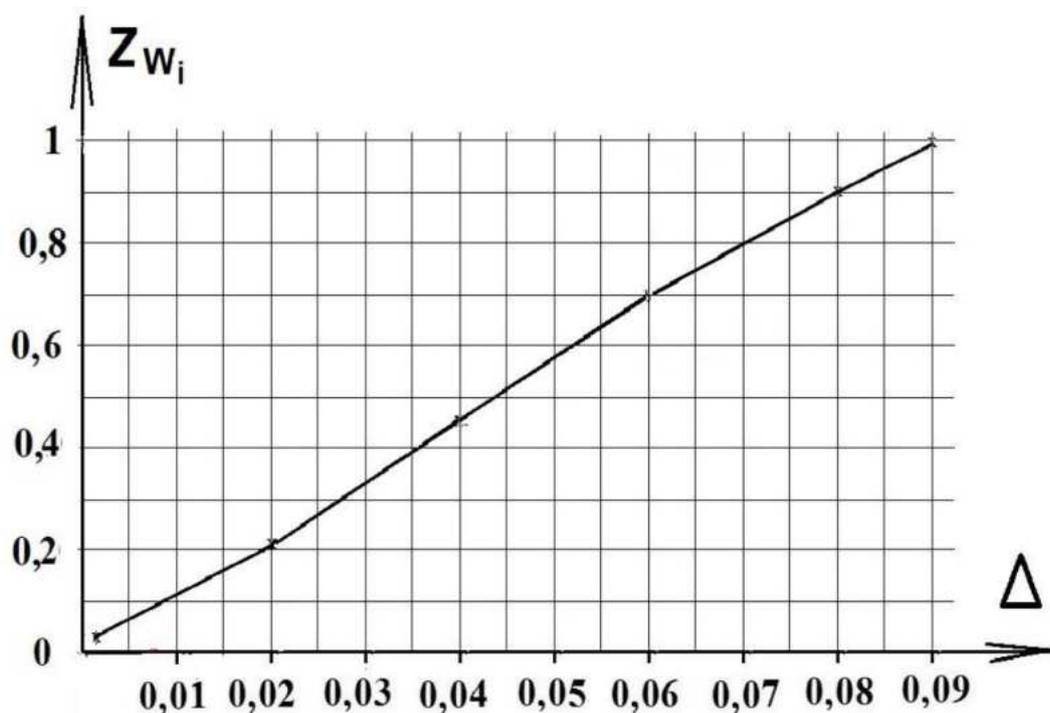


Рисунок 2.8 - Графік залежності величини віброприскорення від величини осьового зазору досліджуваних зразків, отриманий моделюванням в програмному середовищі Mathcad

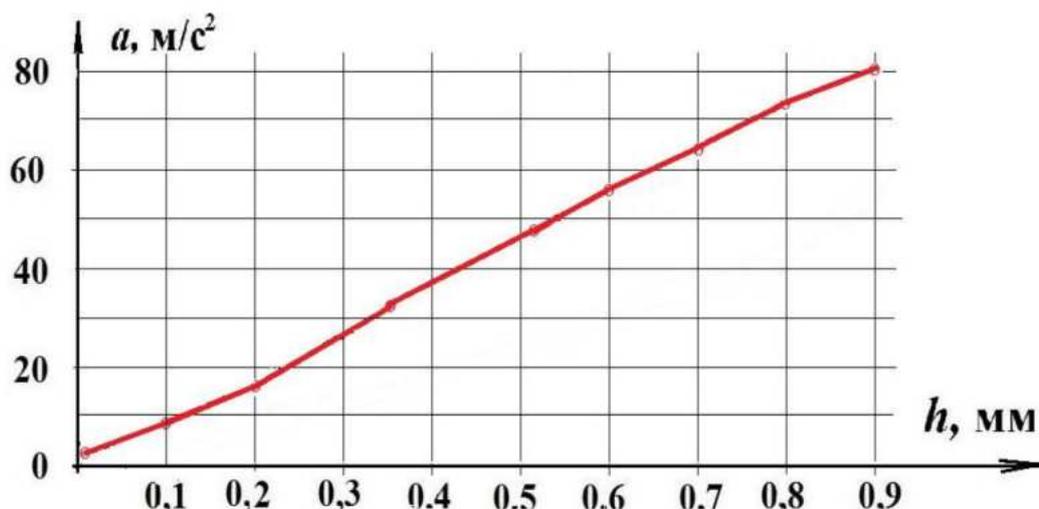


Рисунок 2.9 - Графік залежності величини віброприскорення від величини осьового зазору досліджуваних зразків, отриманий моделюванням в програмному середовищі Mathcad перетворень до розмірного виду

2.2 Спосіб проведення експериментального дослідження в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД «Автоцентр Поділля»

Для проведення експериментального дослідження в умовах СТО ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» використовувався автомобіль «FORD» і випробувальні зразки - кулькові шарніри з свідомо відомими проміжками в сполученні кульовий шарнір - полімерний вкладиш, два вібродатчика ДН-3 (рисунок 2.10),



1 - вібродатчик №1; 2 - вібродатчик №2; 3 – платформа лофт-детектора

Рисунок 2.10 – Розміщення вібродатчиків ДН-3 на діагностованому автомобілі

з'єднувальні дроти до них, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), комп'ютер з встановленим програмним забезпеченням - програмою для обробки сигналів від вібродатчиків Lab VIEW Signal Express (рисунок 2.11).

Установка датчиків на шарнірах на автомобілі здійснювалася відповідно як показано на рисунках 2.11, 2.12).



Рисунок 2.11 – Оброблюючі і перетворюючі елементи діагностичного комплексу



а)

б)

а) вид знизу, б) вид спереду

1 - вібродатчик №1, 2 - вібродатчик №2, 3 - ричаг підвіски, 4 - Кульковий шарнір
(досліджуваний зразок)

Рисунок 2.12 – Установка вібродатчиків на діагностований автомобіль

Як джерело зворотно-поступальних рухів підвіски і відповідно вібрацій виникають в кульковому шарнірі використовувався вібраційний стенд для перевірки підвіски легкових автомобілів Zippo 8090

2.3 Обробка результатів експериментального дослідження за критерієм достовірності

Методи обробки результатів вимірювань з багаторазовими спостереженнями представлені в ГОСТ 8.207-76 [4].

Як результат вимірювання використовують середнє арифметичне даних n спостережень, з яких вилучено систематичні похибки, в нашому випадку це пропуски сигналів, помилкові сигнали, скачки напруги в мережі, а так само похибки пов'язані з роботою діагностичного стенда.

При статистичній обробці груп результатів спостережень необхідно:

- виключити з кожного спостереження систематичну відому похибку, що дозволяє знайти виправлений результат окремого спостереження x .
- визначити середнє арифметичне виправлених результатів спостережень, прийняте за результат вимірювання:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{n}, \quad (2.26)$$

- обчислити оцінку S середнього квадратичного відхилення групи спостережень:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x)^2}{(n-1)}}, \quad (2.27)$$

Знайти грубі похибки, зокрема, чи немає значень $(x_i - x)$, які можуть виходити за межі $\pm 3S$. Для нормального закону розподілу з імовірністю, дуже близькою до 1 (0,997), все з значень цієї різниці має перебувати в зазначених межах.

Якщо існуючі значення виходять за зазначені межі, то слід вилучити з розгляду відповідні значення x_i і знову провести обчислення x і оцінку S .

- обчислити оцінку СКО $S(x)$ результату вимірювання (середнього арифметичного):

$$S(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x)^2}{n(n-1)}}, \quad (2.28)$$

- перевірити гіпотезу про нормальність розподілу результатів спостережень.

При числі експериментів що не перевищують 15 згідно ГОСТ їх приналежність до нормального розподілу не перевіряють. Обчислюють довірчі межі ε випадкової похибки вимірювання:

$$\varepsilon = t_g S(x), \quad (2.29)$$

де t_g - коефіцієнт Стьюдента, він залежить від числа спостережень

2.4 Висновки до розділу 2

1 Проведено аналіз існуючих способів визначення технічного стану кульових шарнірів механічним і електричним способом, виявлено недоліки, такі як складність виконання, низька точність вимірювання, високі витрати часу і

матеріальних засобів на діагностування. Необхідна розробка нового способу визначення технічного стану кульових шарнірів.

2. Отримана математична модель зміни технічного стану кульового шарніра передньої підвіски типу «МакФерсон» легкового автомобіля, яка може бути представлена у вигляді рівняння: $\ddot{\xi} + \frac{\varepsilon_1}{\eta} \dot{\xi} + \frac{g_1}{\eta^2} \xi = \frac{\varepsilon_2}{\eta} \cos \tau + \frac{g_2}{\eta^2} \sin \tau$

3 Моделювання зміни технічного стану кульового шарніра підвіски типу «МакФерсон» легкового автомобіля в програмному середовищі Mathcad дозволило встановити, що основними параметрами, які впливають на величину віброприскорення являються: осьовий безрозмірний зазор Δ , ε_1 і ε_2 - коефіцієнти демпфування в спряженні ричага і шарніра відповідно, g_1 і g_2 - коефіцієнти жорсткості в спряженні ричага і шарніра відповідно, $md(m)$ - функція, імітації білого шуму, η - відносна частота.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ОСЬОВОГО ЗАЗОРУ У КУЛЬКОВИХ ШАРНІРАХ В УМОВАХ СТОА ТОВ «ТД «АВТОЦЕНТР ПОДІЛЛЯ»

Завдання експериментальних досліджень полягає в проведенні експериментальних досліджень для встановлення взаємозв'язку величини осьового зазору в кульковому шарнірі з величиною віброприскорення в умовах в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» вібраційним способом. Отримані графіки служать основою для визначення технічного стану кульових шарнірів легкового автомобіля.

3.1 Результати експериментального дослідження отримані в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля»

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто експерименти на прикладі шести експериментальних зразків (таблиця 3.1), в кожному наступному з яких величина осьового зазору збільшується з кроком 0,13-0,2 мм, оскільки вони найбільш повно відображають досліджуваний інтервал осьового зазору кульових шарнірів від нового, без експлуатації з величиною 0,01 мм (зразок №1), до відпрацюваного свій ресурс з величиною більше 0,7 мм (Зразок №6).

Таблиця 3.1 - Досліджувані характеристики шарнірів для задач аналізу

Досліджуваний зразок	Величина осьового зазору, мм	Ступінь зносу	Характеристика зразка
№1	0,01	відсутня (0,16%)	Новий, без експлуатації
№2	0,28	30%	Взятий із експлуатації
№3	0,46	60%	Взятий із експлуатації
№4	0,59	73,3%	Взятий із експлуатації
№5	0,74	106,7%	Взятий із експлуатації
№6	0,84	123,3%	Відпрацював свій ресурс

Як еталон використовувалася кульковий шарнір №1, новий, без експлуатації на автомобілі. Осьовий зазор h якого був виміряний на стенді за допомогою індикатора годинникового типу склав 0,01 мм. Решта кулькові шарніри були демонтовані з підвіски автомобіля при різних величинах напруження. Зазор кожного з них також було виміряно на стенді для діагностування і випробування елементів підвіски автомобіля. Кожен з шарнірів був пронумерований.

3.1.1 Результати експериментального дослідження

Результати експериментів, оброблені за допомогою програмного забезпечення Lab VIEW Signal Express представлені на рисунках 3.1 - 3.6.

Розглянуто шість шарнірів з різним ступенем зносу і величинами осьового зазору 0,01; 0,28; 0,46; 0,59; 0,74 і 0,84 мм.

На рисунку 3.1 представлені графіки залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №1 з осьовим зазором 0,01 мм. Шарнір без експлуатації на автомобілі, прийнятий за еталон.

Аналіз графіків залежності віброприскорення від часу проведення експерименту показує мінімальні значення віброприскорення характерні для білого, імпульсного та інших випадкових шумів що виникають в вібродатчиках, сполучних кабелях і аналогоцифровому перетворювачі. Величина напруги отримана від вібродатчика при цьому становить в верхньому діапазоні 10 - 12 mV, в нижньому діапазоні від -10 до -12 mV.

Відсутність віброприскорення в шарнірі пояснюється відсутністю переміщення корпусу шарніра щодо кулькового пальця і мінімальним зазором встановленим конструктивно для можливості обертання пальця відносно корпусу шарніра.



Рисунку 3.1 - Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №1 з величиною осьового зазору 0,01мм

На рисунку 3.2 представлені графіки залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №2 з осьовим зазором 0,28 мм. Шарнір був вилучений з експлуатації, при напрацюванні близько 14000 км.

Аналіз графіків залежності віброприскорення від часу проведення експерименту показує зростання значень віброприскорення в порівнянні з еталонним шарніром.

Величина напруги отримана від вібродатчика при цьому становить в верхньому діапазоні від 20 до 30 mV, в нижньому діапазоні від -20 до -30 mV. Поява віброприскорення в шарнірі №2 пояснюється переміщенням корпусу шарніра щодо кулькового пальця на величину осьового зазору (0,28 мм). Віброприскорення з'являється в сполученні «головка кулькового пальця полімерний вкладиш» при проходженні шарніром області робочих верхньої і нижньої мертвих точок (рисунок 3.2).

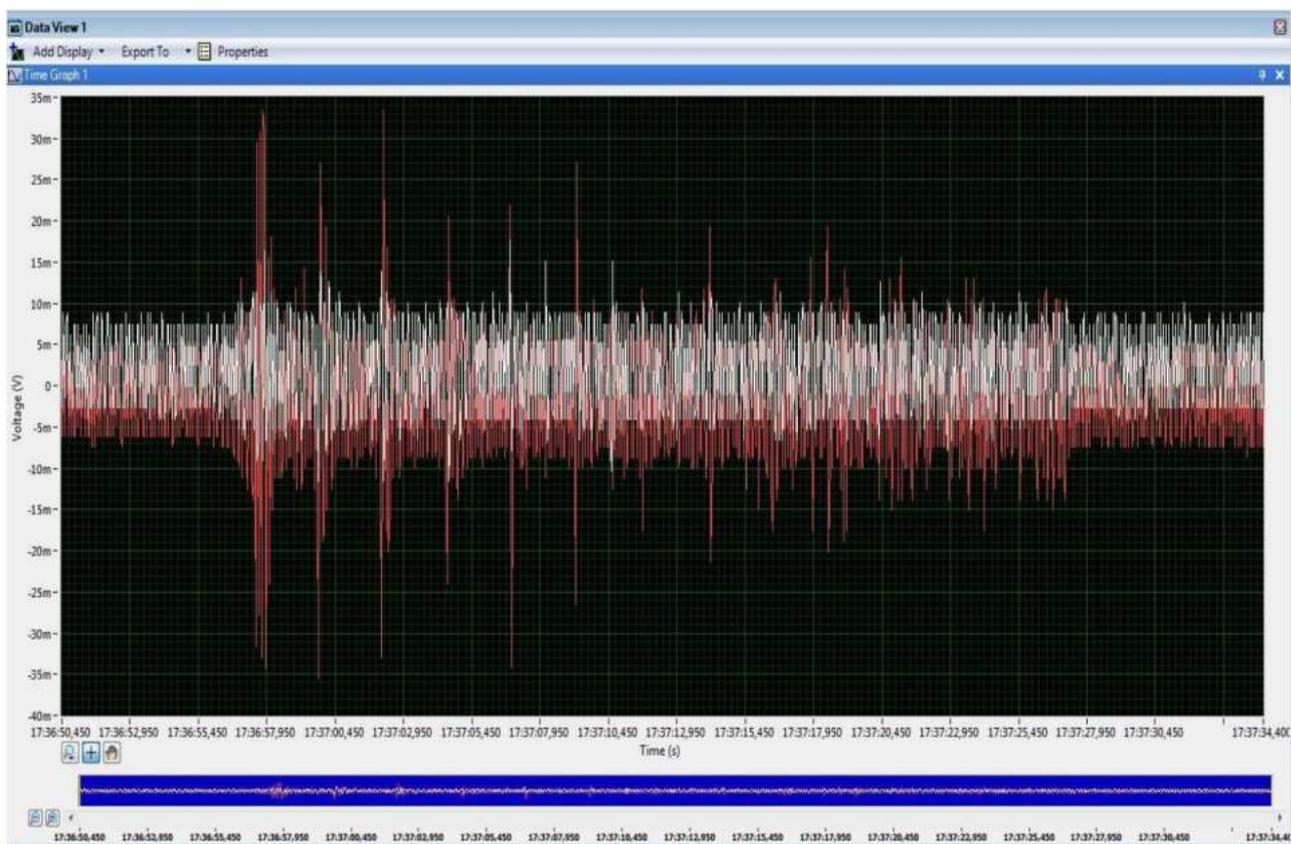


Рисунок 3.2 - Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №2 з величиною осьового зазору 0,28 мм

На рисунку 3.3 представлені графіки залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №3 з осьовим зазором 0,46 мм. Шарнір був вилучений з експлуатації при напрацюванні приблизно 25000 км.

Аналіз графіків залежності віброприскорення від часу проведення експерименту показує подальше зростання значень віброприскорення. Величина напруги отримана від вібродатчика становить в верхньому діапазоні від 30 до 40 mV, в нижньому діапазоні від -30 до -40 mV. Зростання віброприскорення обумовлене збільшенням зазору в досліджуваному сполученні до величини 0,46 мм.

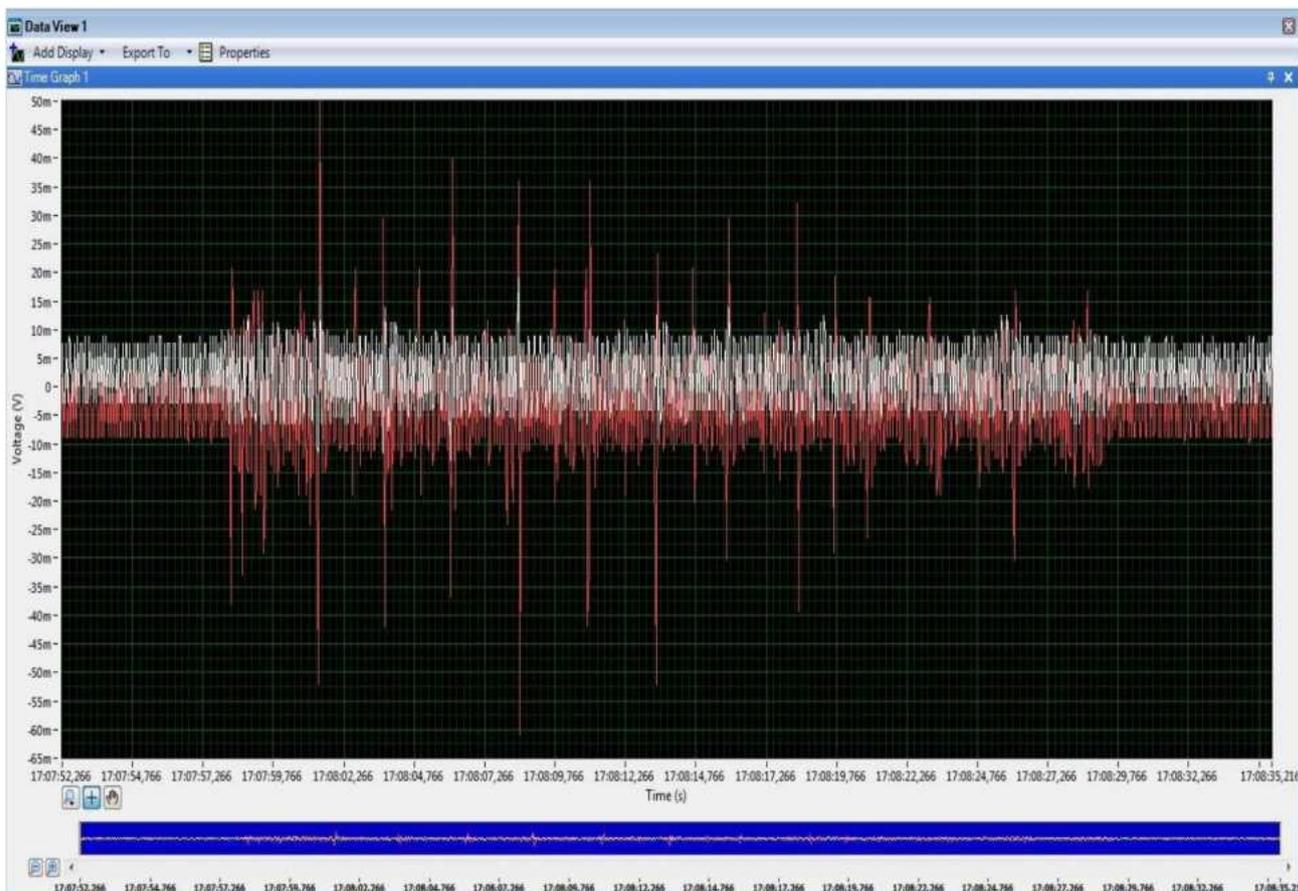


Рисунок 3.3 - Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №3 з величиною осьового зазору 0,46 мм

На рисунку 3.4 представлені графіки залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №4 з осьовим зазором 0,59 мм. Шарнір був вилучений з експлуатації при напрацюванні приблизно 35000 км.

Аналіз графіків залежності віброприскорення від часу проведення експерименту показує подальше пропорційне зростання значень віброприскорення. Величина напруги отримана від вібродатчика становить в верхньому діапазоні від 40 до 50 mV, в нижньому діапазоні від -30 до -50 mV. Зростання віброприскорення обумовлене збільшенням зазору в досліджуваному сполученні до величини 0,59 мм.

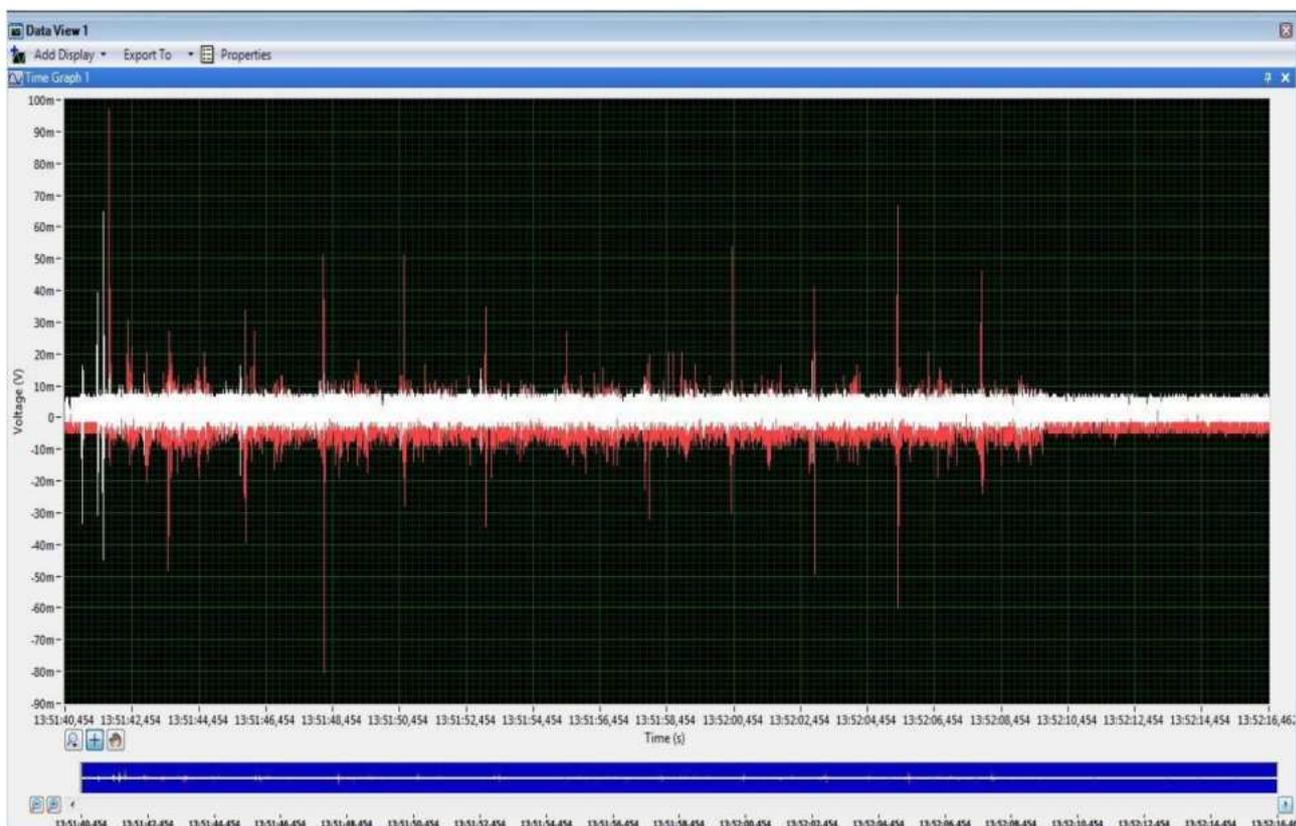


Рисунок 3.4 - Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №4 з величиною осьового зазору 0,59 мм

На рисунку 3.5 представлені графіки залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №5 з осьовим зазором 0,74 мм. Шарнір був вилучений з експлуатації при напрацюванні приблизно 55000 км.

Аналіз графіків залежності віброприскорення від часу проведення експерименту показує подальше пропорційне зростання значень віброприскорення. Величина напруги отримана від вібродатчика становить в верхньому діапазоні 120 - 140 mV, в нижньому діапазоні від -120 до -160 mV. Зростання віброприскорення обумовлено збільшенням зазору в досліджуваному сполученні до величини 0,74 мм.

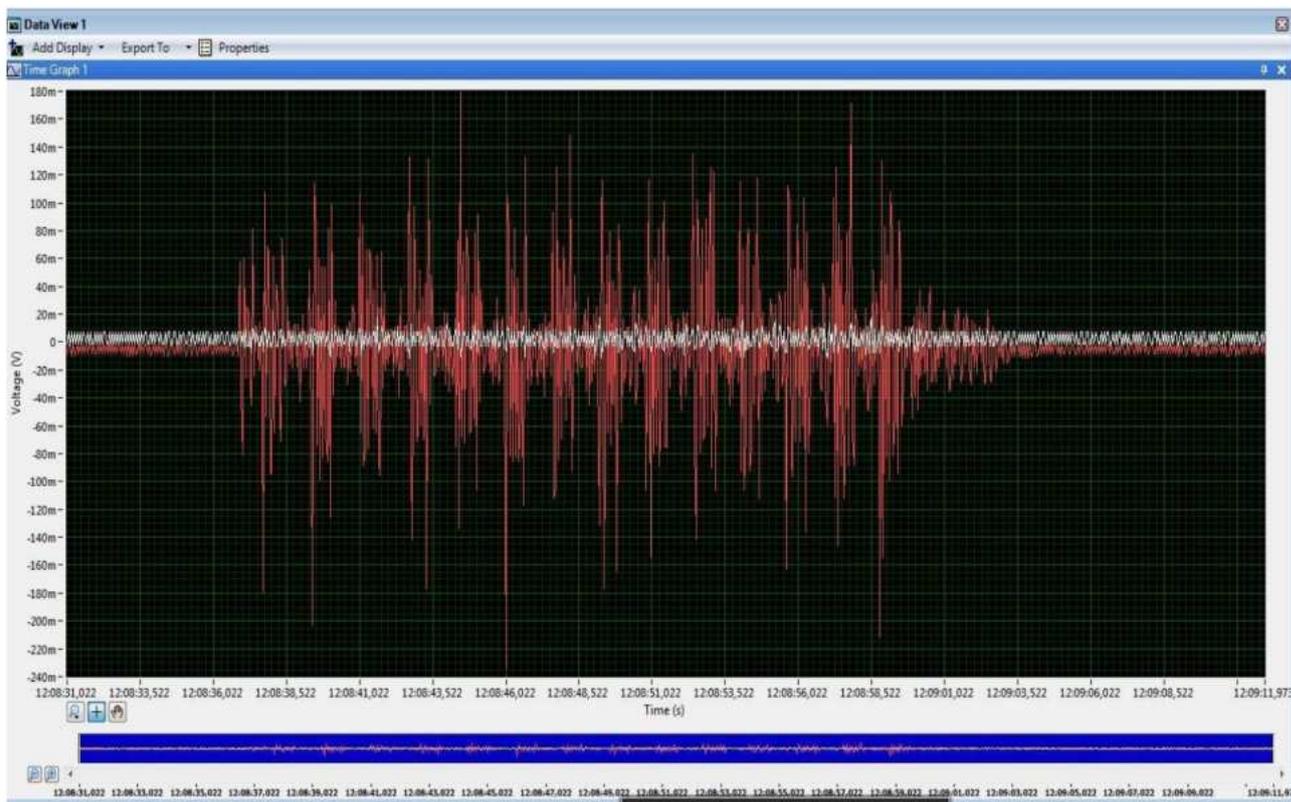


Рисунок 3.5 - Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №5 з величиною осьового зазору 0,74 мм

На рисунку 3.6 представлені графіки залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №6 з осьовим зазором 0,84 мм. Шарнір був вилучений з експлуатації при напрацюванні приблизно 70000 км.

Аналіз графіків залежності віброприскорення від часу проведення експерименту показує подальше пропорційне зростання значень віброприскорення. Величина напруги отримана від вібродатчика становить в верхньому діапазоні 200 - 250 mV, в нижньому діапазоні від -200 до -240 mV. Зростання віброприскорення обумовлено збільшенням зазору в досліджуваному сполученні до величини 0,84 мм.

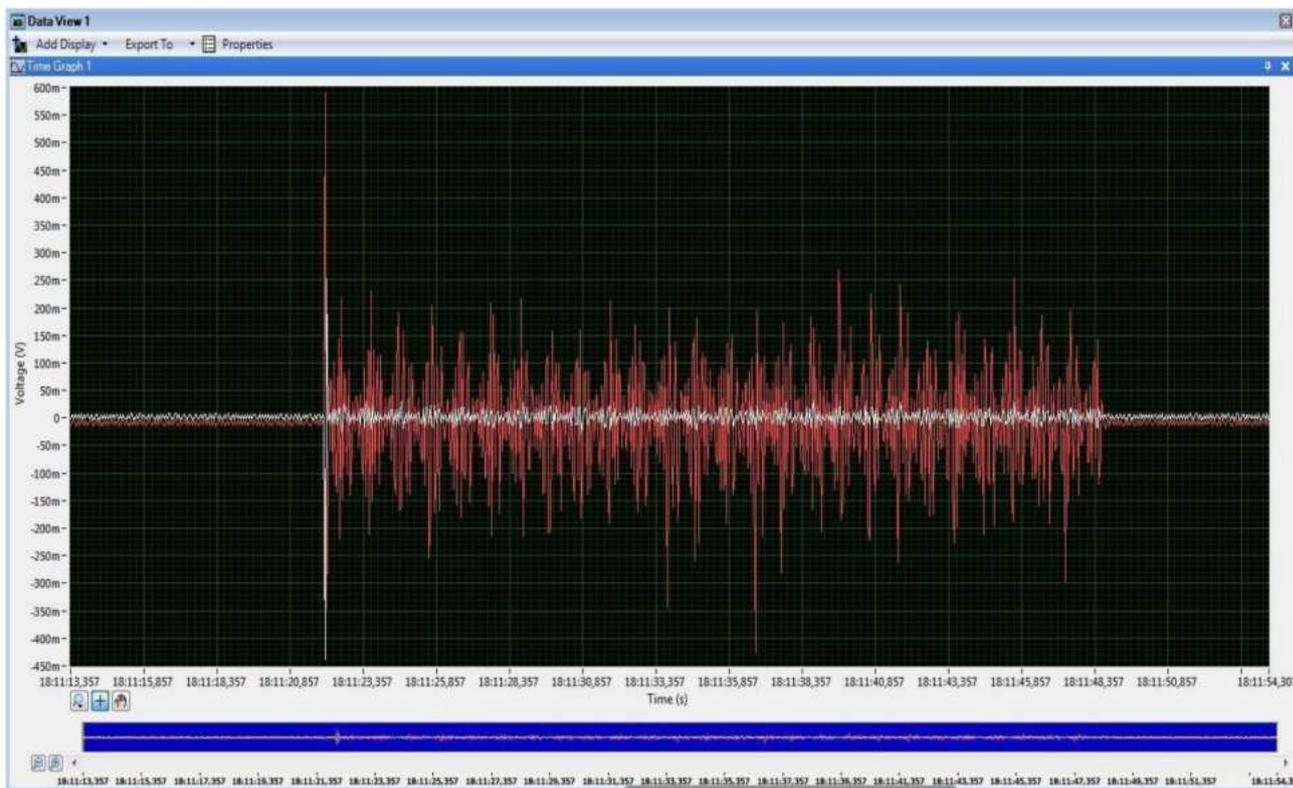


Рисунок 3.6 - Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №6 з величиною осьового зазору 0,84 мм

Проведений аналіз отриманих залежностей максимальної і середньої амплітуд віброприскорення від величини осьового зазору в шарнірах показав, що отримані дані можуть служити основою для розробленого способу визначення величини осьового зазору в кулькових шарнірах. Визначено залежності між величинами амплітуд віброприскорення і величиною осьового зазору в шарнірах для фаз 1 і 2.

Віброприскорення, викликане наявністю зазору в шарнірі, при проведенні досліджень фіксується першим датчиком, встановленим безпосередньо в контакт з шарніром під час першої та другої фази руху, коли шарнір проходить верхню мертву точку і починає рухатися вниз (фаза 1) і коли проходить нижню мертву точку і починає рухатися вгору (фаза 2).

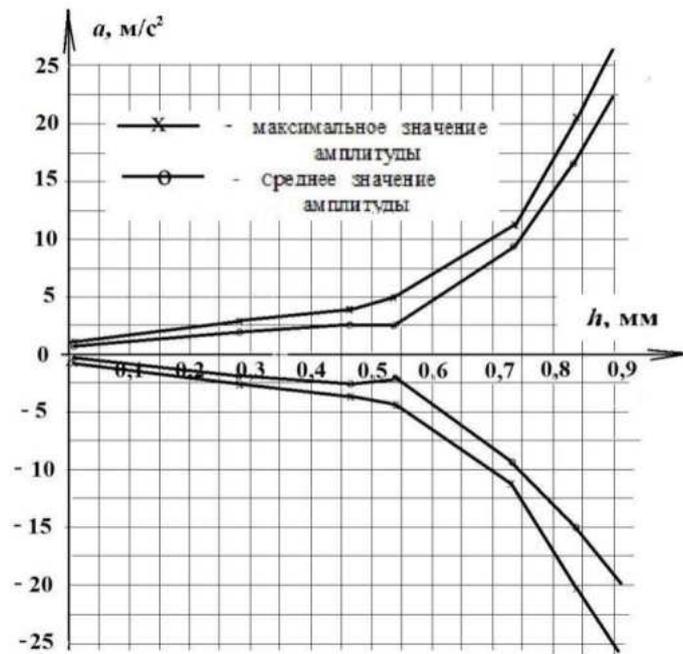


Рисунок 3.7 - Графіки залежності максимальної і середньої амплітуд віброприскорення від величини осьового зазору, фази 1,2

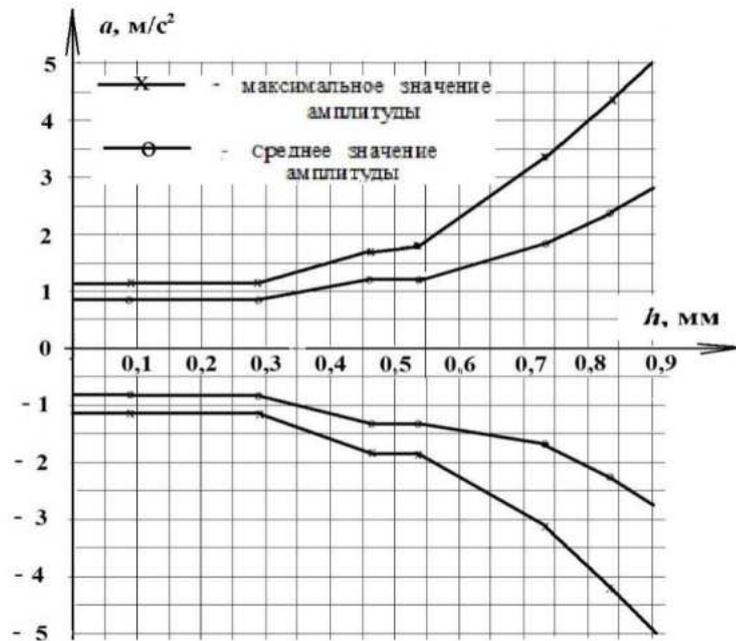


Рисунок 3.8 - Графіки залежності максимальної і середньої амплітуд віброприскорення від величини осьового зазору, при проходженні точки екватора (між фазою 1 і 2)

Так само фіксується віброприскорення в точці екватора (точка розташована посередині між верхньою і нижньою мертвими точками).

При роботі стенду опорні платформи для коліс рухаються як в поздовжньому так і в поперечному напрямках. Це створює крім основних вертикальних навантажень, поздовжні і поперечні навантаження, які впливають на віброприскорення в фазах 1 і 2 і створюють віброприскорення в сполученні шарніра в точці екватора як при русі вгору, так і при русі вниз.

Отримані експериментальні дані можуть служити основою для створення способу визначення величини осьового зазору, оскільки явна залежність проявляється при величині зазору в діапазоні від 0,01 мм, до 0,9 мм, тобто для всіх шарнірів, представлених в експериментальному дослідженні.

Вібродатчик №2, встановлений на важелі підвіски не фіксує віброприскорення викликаного наявністю зазору в шарнірі, при проведенні досліджень, для обох фаз. Це пов'язано з тим, що віброприскорення, що виникає в шарнірі, має невеликі значення, так як частково гаситься полімерним вкладишем і, поширюючись далі від корпусу шарніра швидко згасає.

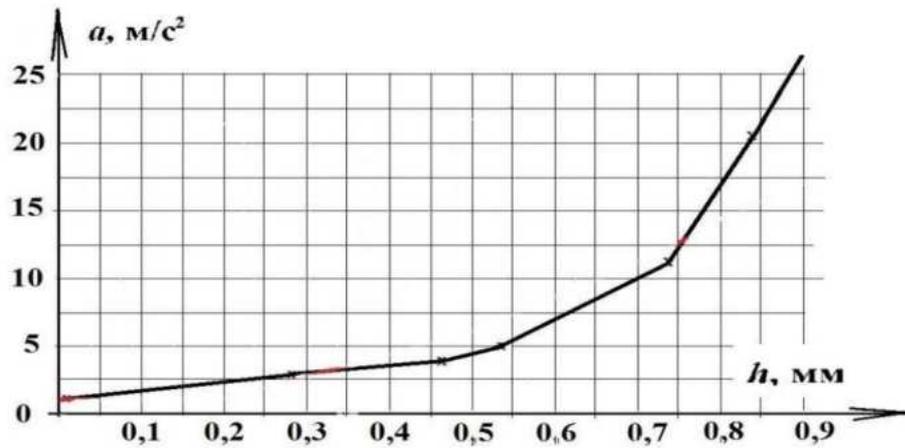
Аналіз графіків показав, що найбільш явну залежність величини віброприскорення від величини осьового зазору в шарнірах мають графіки максимального і середнього верхніх значень амплітуди для фази 1 і 2 (рисунки 3.7 - 3.8). Для подальших досліджень використовуємо графік максимального значення амплітуди, як ближчого до квадратичної залежності і відповідно має меншу похибку вимірювання (рисунок 3.9 а).

Для отримання рівняння залежності величини віброприскорення від величини зазору, необхідно привести отриманий графік (рисунок 3.9, а) для датчика №1 до виду, який можна описати квадратичним рівнянням (рисунок 3.9 б).

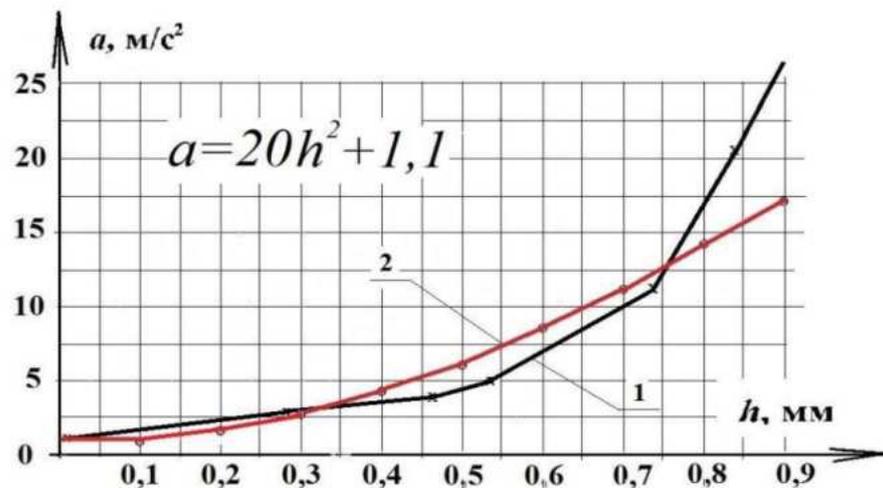
Отримане рівняння має вигляд:

$$a = 20h^2 + 1,1 \quad (3.1)$$

$$h = \sqrt{\frac{a-1,1}{20}}. \quad (3.2)$$



а)



б)

а) графік, отриманий експериментальним шляхом; б) приведений графік до стандартного виду: 1 - графік, отриманий експериментальним шляхом, 2 - приведений графік

Рисунок 3.9 - Графік залежності величини віброприскорення від величини осьового зазору досліджуваних зразків

Виконуючий працівник, в ході діагностування підставляє отримані значення віброприскорення в рівняння (3.2) і обчислює фактичне значення величини осьового зазору в кулькових шарнірах з похибкою, яка не перевищує 10%.

3.2 Оцінка результатів експериментального дослідження

Механічний спосіб діагностування (п. 2.1.1), що не передбачає чисельне визначення величини осьового зазору (без використання спеціальних пристосувань), також був проведений в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля». Даний спосіб діагностування дозволяє визначити наявність осьового зазору в шарнірі при його величині яка перевищує 0,4 мм, що відображено в таблиці 3.2. При величині осьового зазору менше 0,4 мм зазор в кульковому шарнірі не визначається, з чого робиться висновок, що шарнір є працездатним.

При величині зазору в шарнірі більше 0,4 мм механічний спосіб дозволяє визначити наявність зазору в шарнірі, при цьому працівник який виконує діагностику виявляє шарнір який відпрацював свій ресурс і виносить рішення про заміну шарніра. Похибка даного методу в межах величини зазору 0,1-0,9 мм представлена в таблиці 3.2, її максимум становить 29%.

Таблиця 3.2 - Оцінка похибки результатів дослідження в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» при вимірюванні осьового зазору механічним способом

Досліджуваний зразок	Величина осьового зазору, мм (виміряна контрольним пристроєм)	Величина осьового зазору, мм (виміряна механічним способом)	Похибка, мм	Похибка, %
1	2	3	4	5
№1	0,01	0,01	0	0
№2	0,18	0,01	0,17	18,7
№3,4	0,21	0,01	0,20	22,2
№5	0,23	0,01	0,22	24
№6	0,24	0,01	0,23	25,5
№7	0,28	0,1	0,18	20
№8	0,29	0,1	0,19	21,1
№9	0,30	0,1	0,20	22,2
№10	0,31	0,1	0,21	23,3
№11	0,33	0,1	0,22	24
№12	0,36	0,1	0,26	28,9
№13	0,39	0,1	0,29	32,2
№14	0,46	0,7	0,24	26
№15	0,54	0,7	0,16	18,2

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
№16	0,59	0,7	0,11	12,2
№17	0,64	0,7	0,06	7,1
№18,19	0,68	0,7	0,02	1,1
№20	0,72	0,7	0,02	1,1
№21	0,74	0,7	0,04	2,4
№22	0,81	0,7	0,11	12,2
№23	0,84	0,7	0,14	15,5
№24	0,86	0,7	0,16	17,2
№25	0,88	0,7	0,18	20
№26	0,89	0,7	0,19	21,1
№27	0,91	0,7	0,21	23,3
№28	0,92	0,7	0,22	24
№29	0,94	0,7	0,24	26
№30	0,96	0,7	0,26	28,9

За розробленим способом діагностування, похибка при вимірюванні величини осьового зазору не повинна перевищувати 10%. Аналіз отриманих експериментальних даних, в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» представлених в таблиці 3.3, показує, що похибка вимірювання величини осьового зазору вібраційним способом в порівнянні з вимірюванням зазору контрольним пристроєм в межах величини зазору 0,1 - 0,9 мм не перевищує 10%.

На рисунку 3.10 представлені графіки верхнього, нижнього і середнього арифметичного виправленого значень величини віброприскорення. При $n = 8$; $P = 0,95$; $tq = 2,306$ [23].

У наших дослідженнях досить мати значення t , рівне або більше 1,96. Тоді виявлені відмінності достовірні, не випадкові, статистично підтвержені з ймовірністю безпомилкового прогнозу рівною або більшою 95%.

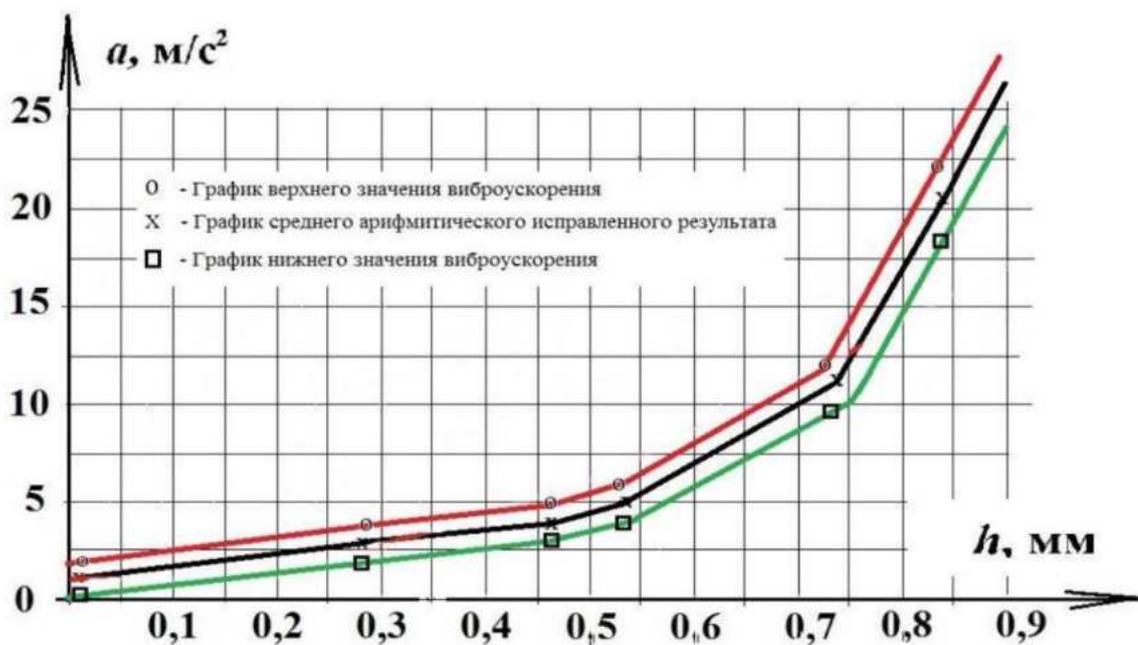


Рисунок 3.10 - Графіки верхнього, нижнього і середнього арифметичного виправленого значень величини віброприскорення

Таблиця 3.3 - Оцінка похибки результатів дослідження в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» при вимірюванні вібраційним методом

Досліджуван ий зразок	Величина осьового зазору, мм (виміряна контрольни м пристроєм)	Величина віброприскор ення, для графіка отриманого експеримент аль ним шляхом, mV	Величина віброприск орення для приведеног о графіка, mV	Величина осьового зазору, мм (отримана експеримент альним шляхом)	Похибка, мм	Похибка , %
1	2	3	4	5	6	7
№1	0,01	1,1	1,1	0,01	0	0
№2	0,18	2,1	1,8	0,10	0,08	9,9
№3,4	0,21	2,4	1,9	0,09	0,06	7,7
№5	0,23	2,5	2,0	0,17	0,06	7,7
№6	0,24	2,5	2,4	0,20	0,04	5,5
№7	0,28	2,6	2,5	0,26	0,02	3,3
№8	0,29	2,7	2,6	0,27	0,02	3,3
№9	0,30	3,0	2,7	0,27	0,3	4,4
№10	0,31	3,0	3,0	0,31	0	0
№11	0,33	3,1	3,1	0,33	0	0
№12	0,36	3,1	3,5	0,40	0,04	5,5

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7
№13	0,39	3,5	4,4	0,47	0,08	9,9
№14	0,46	3,6	5,1	0,54	0,08	9,9
№15	0,54	5,1	7	0,59	0,05	6,6
№16	0,59	7,2	8,1	0,63	0,04	5,5
№17	0,64	8,2	9,8	0,57	0,07	8,8
№18,19	0,68	9,1	11,1	0,72	0,04	5,5
№20	0,72	10,1	10,2	0,74	0,02	3,3
№21	0,74	10,8	11,8	0,75	0,01	1,1
№22	0,81	17,7	14,8	0,77	0,04	5,5
№23	0,84	20,5	15,4	0,78	0,06	7,7
№24	0,86	22,5	16,1	0,79	0,07	8,8
№25	0,88	26,1	17,0	0,80	0,08	9,9
№26	0,89	27,2	17,2	0,81	0,08	9,9

3.3 Висновки до розділу 3

1. Проведено експериментальні дослідження визначення величини осьового зазору в кулькових шарнірах в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» із застосуванням вібраційного способу, отримані чисельні значення віброприскорення і їх порівняно з величиною осьового зазору: від 1,0 м / с², що відповідає величині осьового зазору 0,01 мм до 2,8 м / с² - відповідає осьового зазору 0,9 мм.

2. На основі аналізу графіків залежності максимальної амплітуди віброприскорення та часу проведення експерименту, в випробувальних зразках з величиною осьового зазору 0,01 - 0,9 мм, отримані емпіричні залежності для визначення фактичної величини осьового зазору h :
$$h = \sqrt{\frac{a-1,1}{20}}.$$

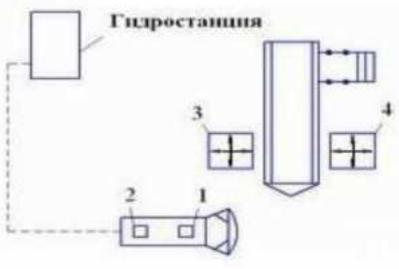
3. Встановлено, що для коректного вимірювання віброприскорення в кульковому шарнірі досить застосовувати один вібродатчик ДН-3, що встановлюється в контакт з випробувальним зразком, паралельно поздовжній осі кулькового пальця.

РОЗДІЛ 4 ВИРОБНИЧІ РЕКОМЕНДАЦІЇ І ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Вібраційний спосіб визначення технічного стану кульових шарнірів

Технологічний процес визначення технічного стану передньої підвіски за допомогою люфт-детектора в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Технологічна карта діагностування кульових шарнірів підвіски автомобіля «FORD» традиційним способом

			Пункт технічного огляду	
		Загальна трудомісткість 0,424	контролер (ліцензований)	
№ пункт	Зміст операції	Прибори і інструмент	Технічні умови	Трудомісткість люд.год.
1	2	3	4	5
1	Установка автомобіля на опорні платформи люфтдетектора, його фіксація на рухомих платформах	Детектор люфтів ходової частини для легкових автомобілів		0,03
2	Підйом автомобіля і приведення люфт-детектора в робоче положення			0,02

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
3	Візуальна перевірка технічного стану кульових шарнірів	Слюсарний інструмент, ключі гайкові № 17, 13	перевірка наявності герметичності захисного чохла, деформації і тріщин корпусу шарніра, пальця,	0,03
4	Натиснути кнопки 1 і 2, перевірити люфт в кулькових шарнірах і аналіз отриманої інформації	Детектор люфтів, площадки 3 и 4	Відсутність зазорів і люфтів, осьовий зазор в кульковому шарнірі не повинен перевищувати 0,7 мм.	0,17
5	Відключити кнопки 1 і 2	Детектор люфтів, площадки 3 і 4		0,002
6	Натиснути кнопки 1 і 2, повторно перевірити люфт в кулькових шарнірах, повторний аналіз отриманої інформації	Детектор люфтів, площадки 3 і 4	відсутність зазорів і люфтів, осьовий зазор в кульковому шарнірі не повинен перевищувати 0,7 мм.	0,17
7	Відключити кнопки 1 і 2	Детектор люфтів, площадки 3 і 4		0,002

В деяких випадках приховані або незначні дефекти можуть бути не помічені оператором при перевірці, що негативно відображається на якості

діагностичних робіт. Це призводить до необхідності здійснювати пробну поїздку на діагностованому автомобілі, з метою отримання інформації про характер шумів, стукотів, вібрацій в реальній експлуатації, що вимагає витрат часу.

Аналіз статистичної звітності СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» показав, що середня тривалість операцій з визначення технічного стану підвіски з використанням люфт-детекторів становить від 0,4 до 1,0 години. Варто зазначити що можливі і форс-мажорні обставини в результаті яких час може бути збільшений на 20-40%.

Розподіл часу як правило спостерігається наступний:

5-10% - підготовчі та налагоджувальні операції;

40-50% - тривалість самого процесу визначення технічного стану підвіски;

40-45% - аналіз результатів, та в разі необхідності проведення повторних операцій.

Визначення технічного стану підвіски за допомогою люфт-детектора і спеціалізованого устаткування дає можливість встановити технічний стан шарнірів на основі отриманих графіків з точністю не менше 90%.

Технологічна карта діагностування кульових шарнірів підвіски автомобіля «FORD» вібраційним способом представлена в таблиці 4.2

До критеріїв ефективності визначення технічного стану відповідно до розробленого способу відносяться [21]:

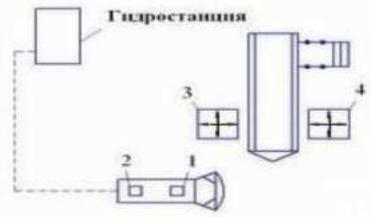
- більша точність вимірювання;

- скорочення тривалості визначення технічного стану підвіски типу «Макферсон» на 20-30 хв (до 45%).

- універсальність.

Для визначення періодичності визначення технічного стану кульових шарнірів, необхідно знати його ресурс, який відповідно до досліджень знаходиться в межах величини пробігу автомобіля 25000 - 120000 км.

Таблиця 4.2 Технологічна карта діагностування кульових шарнірів підвіски автомобіля «FORD» вібраційним способом

				Пункт технічного огляду
		Загальна трудомісткість 0,114		Контролер (ліцензований)
№ пункт	Зміст операції	Прилади і інструменти	Технічні умови	Трудомісткість люд./год.
1	2	3	4	5
1	Установка автомобіля на опорні платформи люфт-детектора, його фіксація на рухомих платформах	Детектор люфтів ходової частини для легкових автомобілів		0,03
2	Підйом автомобіля і приведення люфт-детектора в робоче положення			0,02
3	Візуальна перевірка технічного стану кульових шарнірів	Слюсарний інструмент, ключі гайкові № 17, 13	Перевірка на наявність герметичності захисного чохла, деформації і тріщин корпусу шарніра, пальця, елементів кріплення	0,03
4	Установка вібродатчиків на кулькові шарніри	неодимові магніти для установки вібродатчиків	контакт вібродатчиків з корпусом шарових шарнірів в області досліджуваного спряження	0,002

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
5	Натиснути кнопки 1 і 2, перевірити люфт в кулькових шарнірах	Детектор люфтів площадки 3 і 4	Відсутність зазорів і люфтів	0,02
6	Відключити кнопки 1 і 2	Детектор люфтів площадки 3 і 4		0,002
7	Аналіз отриманої інформації		Осьовий зазор в кульковому шарнірі не повинен перевищувати 0,7 мм.	0,01

Такий великий розкид ресурсу можна пояснити наступними причинами [18]:

- якість виготовлення самого кулькового шарніра;
- режими експлуатації автомобіля.

Розроблений спосіб діагностування величини осьового зазору кулькових шарнірів підвіски легкових автомобілів був апробований і впроваджений у виробництво на СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» і може бути використаний для легкових автомобілів оснащених передньою підвіскою типу «Макферсон», мають діаметр головки кулькового пальця 25-35 мм.

4.2 Виробничі рекомендації по впровадженню вібраційного способу визначення осьового зазору в кулькових шарнірах

Для правильної оцінки віброприскорення в кульковому шарнірі при визначенні його технічного стану на станціях технічного обслуговування автомобілів потрібні наступні умови [19]:

- необхідність застосування одного вібродатчика ДН-3 на один діагностується кульковий шарнір.

- установка вібродатчика обов'язково паралельно поздовжній осі кулькового пальця.



Рисунок 4.1 – Розміщення вібродатчика при визначенні технічного стану кулькового шарніра

4.3 Розрахунок економічного ефекту

Ефект визначення технічного стану кульових шарнірів з використання вібраційного методу полягає в скороченні часу виконання операцій.

Економічна ефективність при запровадженні даного способу визначення технічного стану:

$$K = B_{Н.Г.} (t_{Д1} - t_{Д2}) n_{Азм} N_{ЗМ} k \quad (4.1)$$

За даними СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» середня вартість нормо-години діагностування підвіски $B_{Н.Г.}$ становить 600 грн. Середня тривалість діагностування підвіски з використанням люфт-детекторів $t_{Д1}$ становить 0,5 години. Кількість заїздів автомобілів за зміну для діагностики підвіски $n_{Азм} = 3$. Середня кількість змін за рік $N_{ЗМ} = 360$ (з урахуванням 1 січня - вихідний день, святкові дні - скорочені зміни). Середня тривалість діагностування підвіски із застосуванням нового способу становить $t_{Д2} = 0,2$ години (п. 4.2.1). Аналіз

завантаженості СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля» показав, що близько 30% вільного часу к діагноста і обладнання може бути використано для виконання інших робіт.

Підставивши значення отримаємо: $K = 58320$ грн. / рік.

Собівартість впровадження вібраційного способу визначення технічного стану кульових шарнірів легкового автомобіля визначається за формулою:

$$C_{д2} = C_{п.} + \sum C_1 \dots C_n, \quad (4.2)$$

де, $C_1 \dots C_n$ - собівартість кожного окремого компонента діагностичного комплексу (таблиця 4.3);

Таблиця 4.3 – Собівартість впровадження вібраційного способу визначення величини осевого зазору кульових шарнірів

№ п/п	Обладнання	Сума, грн.
1	Вібродатчик ДН-3	5900
2	Кабель вібродатчика ДН-3, 3м.	1500
3	Програмне забезпечення - LabVIEW SignalExpress + аналогово-цифровий перетворювач (АЦП)	50000
4	Мобільний комп'ютер	11000
5	Неодимовий магніт для кріплення вібродатчика	400
	Сума	68800

$C_{п.}$ - вартість робіт по підключенню, налаштування обладнання та навчання персоналу по експлуатації діагностичного обладнання;

$C_{п.} = 3000$ грн. Визначається експериментальним шляхом при проведенні дослідження в умовах СТО, з урахуванням вартості години роботи фахівця з налаштування апаратної та програмної частин 600 грн / год.

Підставивши значення отримаємо:

$$C_{Д2} = 3000 + 68800 = 71800 \text{ грн.}$$

Термін окупності вібраційного способу визначення технічного стану кульових шарнірів:

$$C_0 = \frac{C_{Д2}}{K}, \quad (4.3)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$C_0 = \frac{71800}{58320} = 1,23 \text{ роки.}$$

4.4 Висновки до розділу 4

1. В результаті реалізації в умовах СТО запропонованої методики:

- а) в 3 рази підвищується точність визначення величини осьового зазору;
- б) скорочується майже на 50% час діагностування.

2. Розроблено практичні рекомендації щодо впровадження вібраційного способу визначення технічного стану кульових шарнірів в умовах виробництва, які визначають місця розташування і спосіб кріплення вібрдатчиків щодо елементів підвіски, а так само режими роботи діагностичного стенда.

3. Визначено економічні показники ефективності вібраційного способу визначення величини осьового зазору в кульових шарнірах на СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля». Термін окупності вібраційного способу визначення технічного стану кульових шарнірів легкових автомобілів складе 1,23 роки. Економічний ефект від застосування вібраційного способу складе 58320 грн / рік.

ВИСНОВКИ

1. Здійснено аналіз методів діагностування кульових шарнірів, який виявив певні недоліки – складність проведення, неточність, працевзатратність.

2. Удосконалено математичну модель зміни технічного стану кульового шарніра, яка може бути представлена у вигляді рівняння:

$$+\frac{\varepsilon_1}{\eta} \dot{\xi} + \frac{g_1}{\eta^2} \xi = \frac{\varepsilon_2}{\eta} \cos \tau + \frac{g_2}{\eta^2} \sin \tau$$

3. Запропоновано новий спосіб визначення осьового зазору в кульових шарнірах.

4. Проведено експериментальні дослідження на 30 зразках кульових шарнірах, отримані чисельні значення віброприскорення від 1,0 м / с², що відповідає величині осьового зазору 0,01 мм до 2,8 м / с² - відповідає осьовому зазору 0,9 мм.

5. На основі аналізу графіків залежності максимальної амплітуди віброприскорення та від часу проведення експерименту, в випробувальних зразках з величиною осьового зазору 0,01-0,9 мм, отримані емпіричні залежності для визначення фактичної величини осьового зазору h для умов автосервісного підприємства:

$$h = \sqrt{\frac{a - 1,1}{20}}$$

6. Технічний ефект полягає в підвищенні точності діагностування в три рази та скороченні часу діагностування на 45%. Це дозволяє отримати економічний ефект в розмірі 58320 грн / рік від впровадження розробленого способу в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля». Термін окупності запропонованого способу складе 1,23 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник / [В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов]. – Вінниця, ВНТУ, 2013. – режим доступу : <http://posibnyky.vntu.edu.ua/newauto/5/index.html>.
2. Волков В. П., Грицук І. В., Волков Ю. В. та ін. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків, 2018.
3. Дячук Максим Вікторович. Вдосконалення розрахункових методів оцінки параметрів вібронавантаженості несучих систем автомобіля. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / М.В. Дячук; Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. — Х., 2005. — 20 с.: рис. — укр.
4. Канарчук В. Є., Курніков І. П. Виробничі системи на транспорті. Київ : Вища школа, 1997. 359 с.
5. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
6. Конон В.О., Огневий В.О., Методи і способи випробувань і діагностування кулькових шарнірів / В.О. Конон, В.О. Огневий // Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2026)», Вінниця, 2026. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2026>
7. Кукурудзяк Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія ТО і ПР. Вінниця : ВНТУ, 2022. 225 с.
8. Кукурудзяк Ю.Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія обслуговування. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 227 с.
9. Кукурудзяк Ю.Ю., Біліченко В.В. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР.: Навчальний посібник. –Вінниця: ВНТУ, 2010. – 198 с.
10. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія : підручник / Лудченко О. А. – К. : Вища шк., 2007. – 527 с

11. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. К.: "Знання-Прес", 2003 р. 388с.
12. Методи оцінювання якості технологічних процесів у системах автосервісу: Монографія / [Л.А. Тарандушка, В.П. Матейчик, І.В. Грицук, Н.Л. Костьян, О.Д. Марков, І.П. Тарандушка] - Черкаси. : ЧДТУ, 2021. – 212 с
13. Мигаль Василь Дмитрович. Вібраційні методи оцінки якості тракторів на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації: дисертація д-ра техн. наук: 05.22.02 / Харківський національний автомобільно-дорожній ун-т. - Х., 2003 - 32с.
14. Технічна експлуатація автомобілів: Навчальний посібник / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – 473 с
15. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / [Форнальчик Є.Ю., Оліскевич і ін.]. Л., Афіша, 2004. – 492с.
16. Bosch Dianostics Soft. ESI [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C, D, E, F, K, M, P, W. – Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Aftermarket. D-76225 Karlsrushe, 2005/1.
17. Ossa, E.A. Failure analysis of a car suspension system ball joint / E.A. Ossa, C.C. Palacio, M.A. Paniagua // Engineering Failure Analysis. – 2011. – № 18. – P. 1388-1394.
18. Fischer, I. S. Numerical analysis of displacements in spatial mechanisms with ball joints / Ian S. Fischer // Mechanism and Machine Theory. – 2000. – № 35. – P. 1623-1640.
19. Fischer, I. S. Velocity analysis of mechanisms with ball joints / Ian S. Fischer // Mechanics Research Communications. – 2003. – № 30. – P. 69-78.
20. Kang, J. Theoretical model of ball joint squeak / Jaeyoung Kang // Journal of Sound and Vibration. – 2011. – № 330. – P. 5490-5499.

21. Large-scale friction and wear tests on a hybrid UHMWPE-pad/primer coating combination used as bearing element in an extremely high-loaded ball-joint / P. Samyn [et al.] // Tribology International. – 2006. – № 39. – P. 796–811.

22. A two phase circular regression algorithm for quantifying wear in CV joint ball race tracks / Mike L [et al.] // Wear. – 1996. – № 199. – P. 160– 168.

23. Chen, J. Three-dimensional vibration of a buckled elastica supported by spherical hinges / Jen-San Chen, Joyce Fang // International Journal of Solids and Structures. – 2014. – № 51. – P. 35–40.

ДОДАТКИ

Додаток А

Ілюстративна частина

Підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля» місто Вінниця

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля» місто Вінниця

Ілюстративна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
08-29.МКР.014.00.000

Керівник роботи к.е.н., доцент

Огневий В.О.

Розробив здобувач гр. ІАТ-24м

Конон В.О.

Вінниця ВНТУ 2025

2

Метою роботи є підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства з обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля». Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені наступні

завдання:

1. Удосконалити математичну модель зміни технічного стану передньої підвіски легкового автомобіля.
2. Проаналізувати способи визначення величини осьового зазору в кульковому шарнірі автомобіля.
3. Провести експериментальні дослідження для встановлення взаємозв'язку величини осьового зазору в кульковому шарнірі з величиною віброприскорення в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля».
4. Розробити практичні рекомендації по впровадженню способу визначення величини осьового зазору в кульковому шарнірі для легкових автомобілів в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля».
5. Визначити економічний ефект від впровадження способу діагностування величини осьового зазору в кульковому шарнірі автомобіля в умовах СТОА ТОВ «ТД «Автоцентр Поділля».

Активіяція

Об'єктом дослідження є кульковий шарнір передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля.

Предметом дослідження є спосіб визначення величини осевого зазору в кулькових шарнірах передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля.

Наукова новизна. Дістали подальшого розвитку теоретико-методичні підходи щодо визначення технічного стану кулькових шарнірів підвіски типу «Макферсон» легкових автомобілів.

Практична цінність і реалізація роботи: На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень запропоновані:

- вібраційний спосіб діагностування величини осевого зазору в кульковому шарнірі передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля, що дозволяє визначати зазор в інтервалі від 0,1 мм, до 0,9 мм з похибкою, яка не перевищує 10%.
- спосіб і пристрій для контролю осевого зазору в кульковому шарнірі передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля на стенді для діагностування і випробування елементів підвіски.
- практичні рекомендації щодо впровадження вібраційного способу діагностування величини осевого зазору в кулькових шарнірах передньої підвіски типу «Макферсон» легкового автомобіля в умовах автосервісного підприємства.

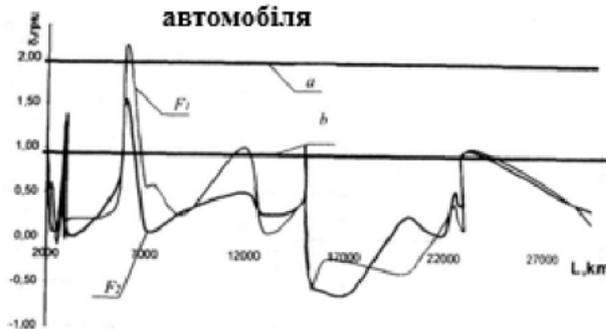
Активаци

Діаграма видів технічних несправностей автотранспортних засобів, які стають причинами ДТП

4



Графік залежності зміни кутів повздовжнього нахилу осі повороту коліс від напрацювання автомобіля



F_1 і F_2 – процес зміни кутів для лівого і правого коліс відповідно, {a, b} – зона номінальних величин кутів установки коліс

Елементи кулькових шарнірів, які перебували в експлуатації



а, б - корозія кулькового пальця і корпусу кулькового шарніра, абразивний знос кулькового пальця; в - абразивний знос вкладки, сліди корозії на ньому, корозія корпусу кулькового шарніра; г - корозія кулькового пальця і корпусу кулькового шарніра, абразивний знос кулькового пальця; д, е - корозія кулькового пальця, абразивний знос кулькового пальця у вигляді радіальних канавок на сферичній поверхні; ж - деструкція; з - абразивний знос сферичної головки і втомний знос в перерізі переходу сферичної частини в конічну кулькового пальця.

Дефекти досліджуваних зразків кулькових шарнірів

Використовуваний зразок	Величина осьового зазору, мм	Ступінь зносу	Дефекти
1	2	3	4
№1	0,11	1,6 %	відсутні
№2	0,18	13,3%	відсутні
№3	0,21	18,3 %	відсутні
№4	0,21	18,3 %	відсутні
№5	0,23	21,7 %	корозія корпусу
№6	0,24	23,3 %	відсутні
№7	0,28	30 %	корозія корпусу і пальця
№8	0,29	31,7 %	розколвання чохла
№9	0,30	33,3 %	розриви чохла
№10	0,31	35 %	розриви чохла, корозія сферичної і конічно – циліндричної частини пальця
№11	0,33	38,3 %	корозія корпусу і конічно - циліндричної частини пальця
№12	0,36	43,3 %	деформація і корозія корпусу

Дефекти досліджуваних зразків кулькових шарнірів

1	2	3	4
№13	0,39	48,3 %	відсутні
№14	0,46	60 %	корозія корпусу і пальця, розриви чохла
№15	0,54	73,3 %	відсутні
№16	0,59	81,7%	корозія різьбової частини пальця
№17	0,64	90 %	порушення герметичності захисного чохла
№18	0,68	96,7 %	корозія корпусу
№19	0,68	96,7 %	розриви чохла, корозія сферичної і конічно-циліндричної частини пальця
№20	0,72	103,3 %	люфт пальця, розриви, розтріскування чохла
№21	0,74	106,7 %	люфт пальця, корозія корпусу і <u>конічно-циліндричної частини пальця</u>
№22	0,81	118,3 %	люфт пальця, корозія корпусу
№23	0,84	123,3 %	люфт пальця, розриви чохла
№24	0,86	126,7 %	люфт пальця, розриви чохла
№25	0,88	130 %	люфт пальця, корозія корпусу і конічно-циліндричної частини пальця
№26	0,89	131,7 %	люфт пальця, корозія сферичної частини пальця
№27	0,91	135 %	люфт пальця, деформація корпусу
№28	0,92	136,7 %	люфт пальця
№29	0,94	140 %	люфт пальця, корозія корпусу
№30	0,96	143,3 %	люфт пальця, розриви чохла

Типи випробувань пристроїв, механізмів і елементів

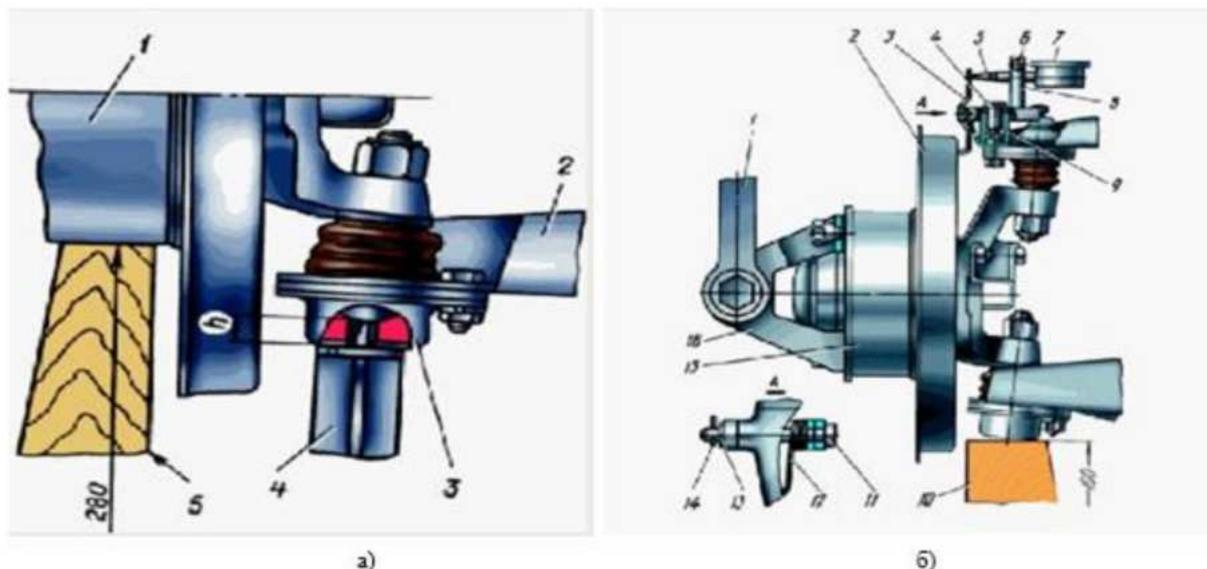
8



Способи випробувань і діагностування кулькових шарнірів підвіски автомобілів



Схема перевірки кулькових шарнірів механічним способом

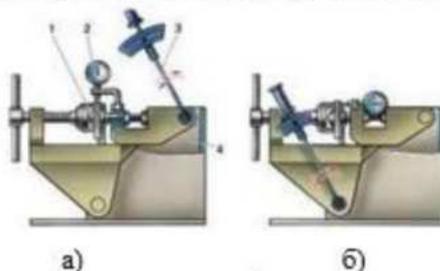


а) замір зазору в верхньому кульковому шарнірі пристосуванням:
 1 - динамометричний ключ; 2 - захисний кожух гальма; 3 - важіль; 4 - гвинт; 5 - подовжувач індикатора; 6 - болт; 7 - індикатор; 8 - підставка; 9 - втулка; 10 - колодка; 11 - вісь; 12 - пружина; 13 - шайба; 14 - шплінт; 15 - маточина колеса; 16 - кронштейн;

б) - схема перевірки нижніх кулькових шарнірів: 1 - маточина колеса; 2 - нижній важіль; 3 - нижній кульковий шарнір; 4 - штангенциркуль; 5 - дерев'яна колодка.

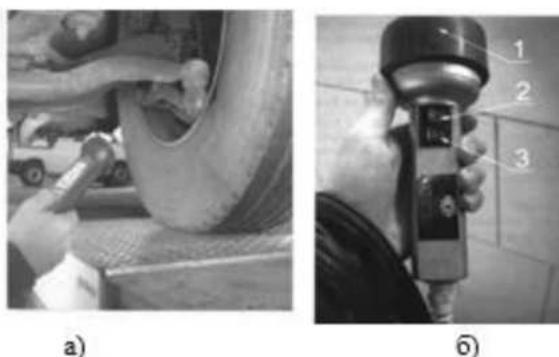
Перевірка кулькового шарніра на пристосуванні

10



а) схема перевірки радіального зазору, б) - схема перевірки осьового зазору. 1 - кульковий шарнір; 2 - індикатор; 3 - динамометричний ключ; 4 - пристосування

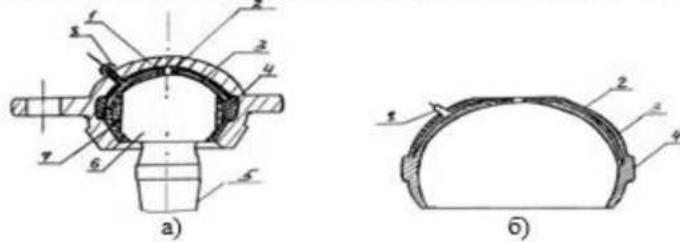
Електрогідравлічний детектор люфтів ходової частини



а) робоча частина детектора зазорів, б) - пульт управління детектором зазорів: 1- вмонтований ліхтар; 2 - вимикач ліхтаря; 3 - вимикач рухомих площадок

Будова кульового шарніра, з вбудованим датчиком контролю напрацювання і зниження коефіцієнта тертя на переході «головка пальця - вкладиш»

11



а) розріз шарніра, б) розріз вкладиша: 1 - корпус шарніра, 2 - вкладиш з діелектричного матеріалу, 3 - електропровідна ділянка, 4 - виступ вкладиша, 5 - циліндрична частина пальця, 6 - сферична головка пальця, 7 - грані в голівці пальця, 8 - електричний контакт

Різні варіанти ємнісних вібраційних датчиків



Активаци

Розміщення вібрдатчиків ДН-3 на діагностованому автомобілі «FORD»

12



1 - вібрдатчик №1; 2 - вібрдатчик №2; 3 - платформа люфт-детектора

Установка вібрдатчиків на діагностований автомобіль



а) вид знизу, б) вид спереду

1 - вібрдатчик №1, 2 - вібрдатчик №2, 3 - ричаг підвіски, 4 - Кульковий шарнір (досліджуваний зразок)

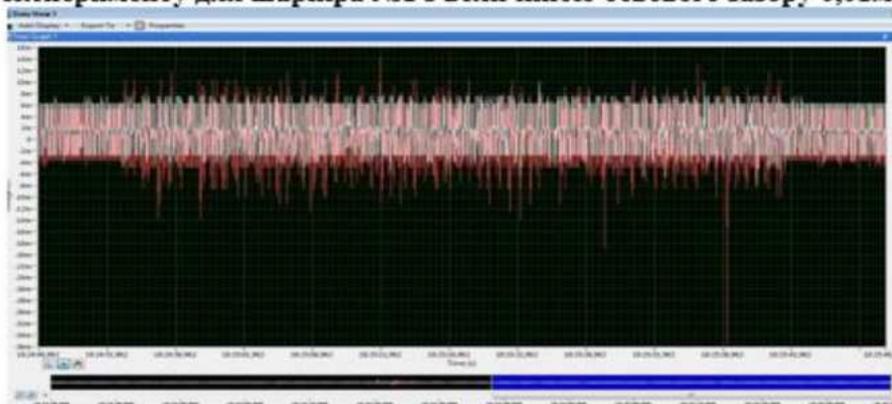
Активаци

**Характеристики досліджуваних експериментально шарнірів в умовах СТОА
ТОВ «ТД Автоцентр Поділля»**

13

Досліджуваний зразок	Величина осьового зазору, мм	Ступінь зносу	Характеристика зразка
№1	0,01	відсутня (0,16%)	Новий, без експлуатації
№2	0,28	30%	Взятий із експлуатації
№3	0,46	60%	Взятий із експлуатації
№4	0,59	73,3%	Взятий із експлуатації
№5	0,74	106,7%	Взятий із експлуатації
№6	0,84	123,3%	Відпрацював свій ресурс

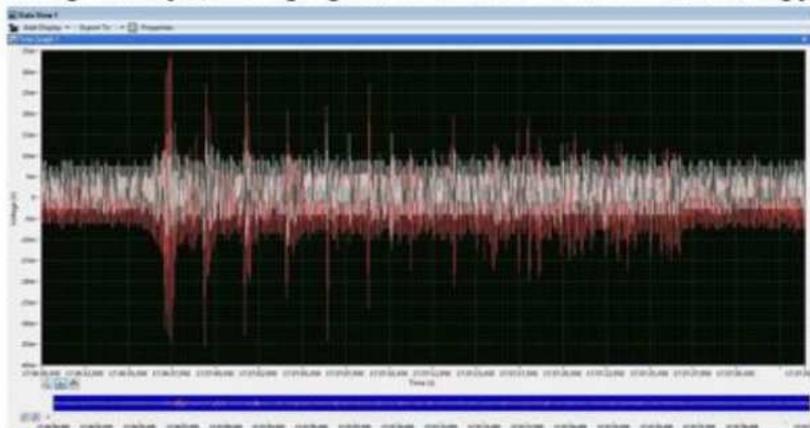
Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №1 з величиною осьового зазору 0,01мм



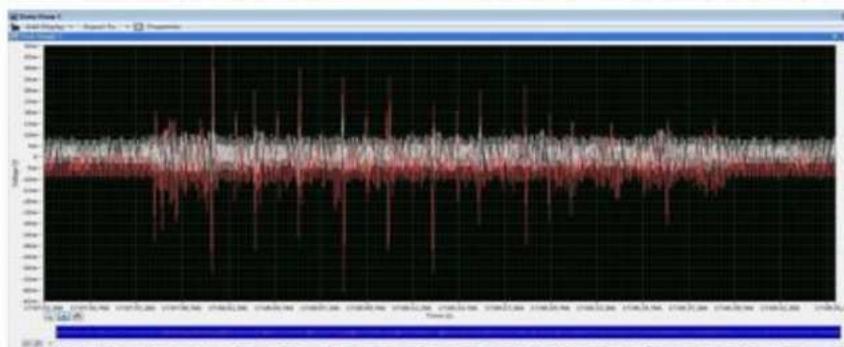
Активаци

Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №2 з величиною осьового зазору 0,28 мм

14



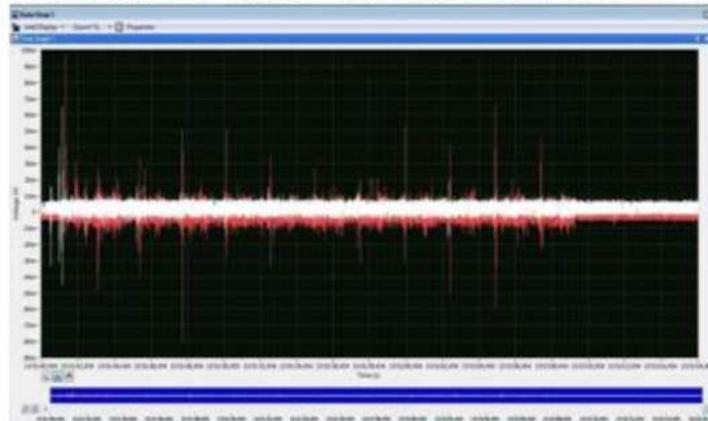
Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №3 з величиною осьового зазору 0,46 мм



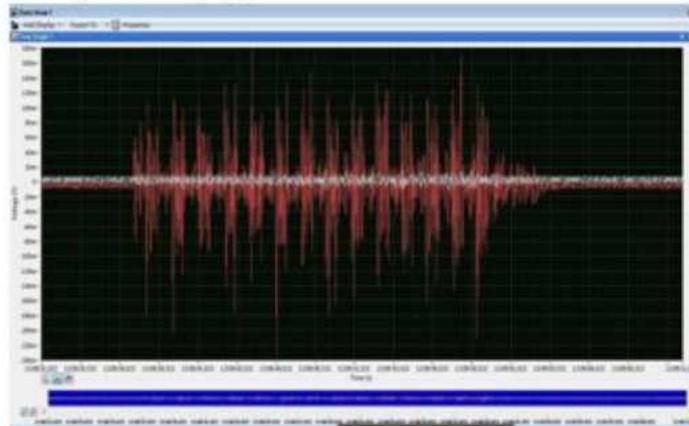
Активаци

Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №4 з величиною осьового зазору 0,59 мм

15



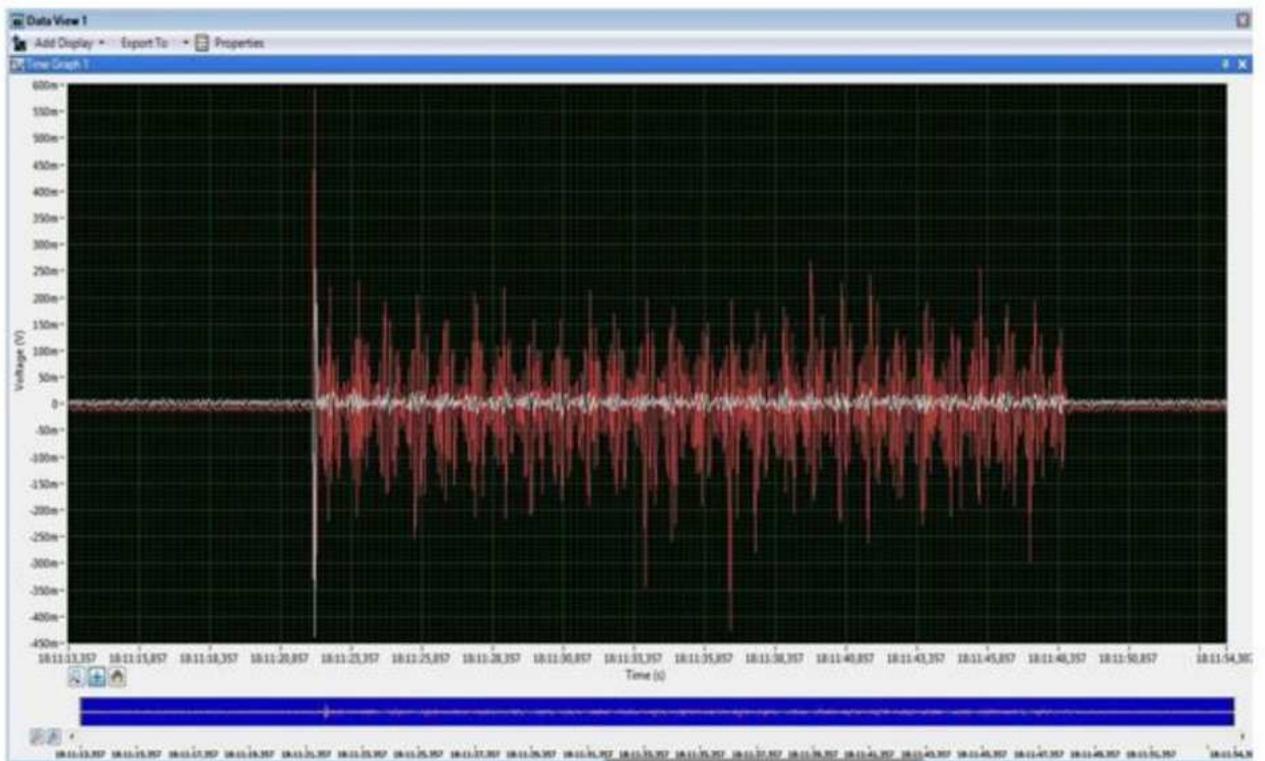
Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №5 з величиною осьового зазору 0,74 мм



Активаци

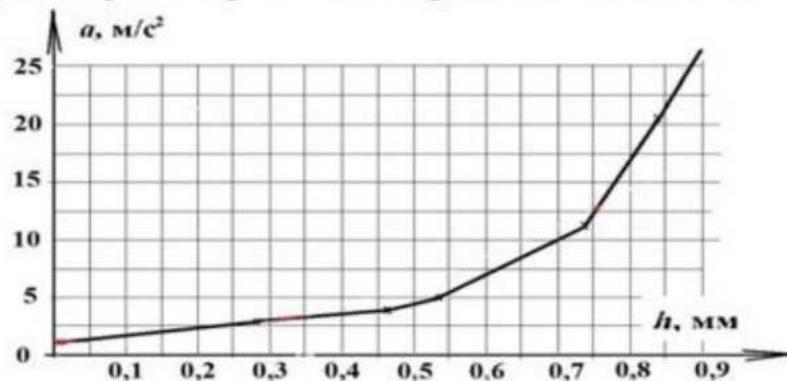
Загальний вигляд спільного графіка залежності віброприскорення від часу проведення експерименту для шарніра №6 з величиною осьового зазору 0,84 мм

16

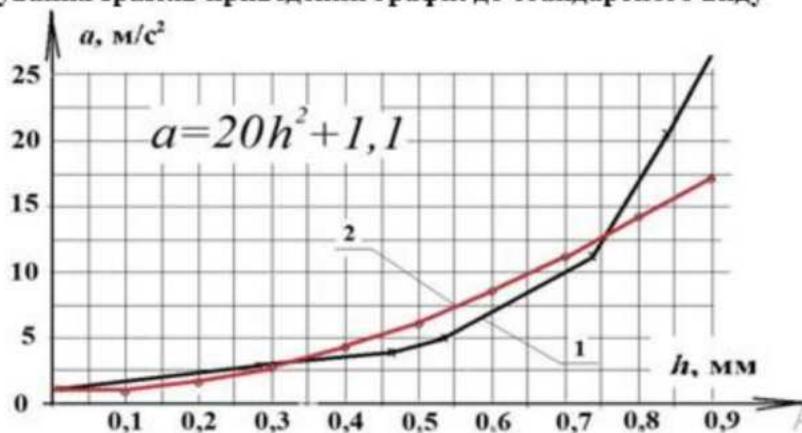


Графік залежності величини віброприскорення від величини осевого зазору досліджуваних зразків отриманий експериментальним шляхом

17



Графік залежності величини віброприскорення від величини осевого зазору досліджуваних зразків приведений графік до стандартного виду



Активация

Оцінка похибки результатів дослідження в умовах СТОА ТОВ «ГД Автоцентр Поділля» 18 при вимірюванні осевого зазору механічним способом

Досліджуваний зразок	Величина осевого зазору, мм (виміряна контрольним пристроєм)	Величина осевого зазору, мм (виміряна механічним способом)	Похибка, мм	Похибка, %
1	2	3	4	5
№1	0,01	0,01	0	0
№2	0,18	0,01	0,17	18,7
№3,4	0,21	0,01	0,20	22,2
№5	0,23	0,01	0,22	24
№6	0,24	0,01	0,23	25,5
№7	0,28	0,1	0,18	20
№8	0,29	0,1	0,19	21,1
№9	0,30	0,1	0,20	22,2
№10	0,31	0,1	0,21	23,3
№11	0,33	0,1	0,22	24
№12	0,36	0,1	0,26	28,9
№13	0,39	0,1	0,29	32,2
№14	0,46	0,7	0,24	26
№15	0,54	0,7	0,16	18,2
№16	0,59	0,7	0,11	12,2
№17	0,64	0,7	0,06	7,1
№18,19	0,68	0,7	0,02	1,1
№20	0,72	0,7	0,02	1,1
№21	0,74	0,7	0,04	2,4
№22	0,81	0,7	0,11	12,2
№23	0,84	0,7	0,14	15,5
№24	0,86	0,7	0,16	17,2
№25	0,88	0,7	0,18	20
№26	0,89	0,7	0,19	21,1
№27	0,91	0,7	0,21	23,3
№28	0,92	0,7	0,22	24
№29	0,94	0,7	0,24	26
№30	0,96	0,7	0,26	28,9

Активация

Оцінка похибки результатів дослідження в умовах СТОА ТОВ «ТД Автоцентр Поділля» при вимірюванні вібраційним методом

19

Досліджуваній тразок	Величина осьового зазору, мм (виміряна контрольним пристроєм)	Величина віброприскорення, для графіка отриманого експериментальним шляхом, mV	Величина віброприскорення для приведеного графіка, mV	Величина осьового зазору, мм (отримана експериментальним шляхом)	Похибка, мм	Похибка, %
1	2	3	4	5	6	7
№1	0,01	1,1	1,1	0,01	0	0
№2	0,18	2,1	1,8	0,10	0,08	9,9
№3,4	0,21	2,4	1,9	0,09	0,06	7,7
№5	0,23	2,5	2,0	0,17	0,06	7,7
№6	0,24	2,5	2,4	0,20	0,04	5,5
№7	0,28	2,6	2,5	0,26	0,02	3,3
№8	0,29	2,7	2,6	0,27	0,02	3,3
№9	0,30	3,0	2,7	0,27	0,3	4,4
№10	0,31	3,0	3,0	0,31	0	0
№11	0,33	3,1	3,1	0,33	0	0
№12	0,36	3,1	3,5	0,40	0,04	5,5
№13	0,39	3,5	4,4	0,47	0,08	9,9
№14	0,46	3,6	5,1	0,54	0,08	9,9
№15	0,54	5,1	7	0,59	0,05	6,6
№16	0,59	7,2	8,1	0,63	0,04	5,5
№17	0,64	8,2	9,8	0,57	0,07	8,8
№18,19	0,68	9,1	11,1	0,72	0,04	5,5
№20	0,72	10,1	10,2	0,74	0,02	3,3
№21	0,74	10,8	11,8	0,75	0,01	1,1
№22	0,81	17,7	14,8	0,77	0,04	5,5
№23	0,84	20,5	15,4	0,78	0,06	7,7
№24	0,86	22,5	16,1	0,79	0,07	8,8
№25	0,88	26,1	17,0	0,80	0,08	9,9
№26	0,89	27,2	17,2	0,81	0,08	9,9

20

Технологічна карта діагностування кулькових шарнірів передньої підвіски автомобіля «FORD» традиційним способом

Загальна трудомісткість 0,424 люд.год.

№ пункт	Зміст операції	Приклади і інструмент	Технічні умови	Трудомісткість люд.год
1	Установка автомобіля на опорні платформи <u>люфт-детектора</u> , його фіксація на рухомих платформах	Детектор люфтів ходової частини для легкових автомобілів		0,03
2	Підйом автомобіля і приведення люфт-детектора в робоче положення			0,02
3	Візуальна перевірка технічного стану кулькових шарнірів	Слюсарний інструмент, ключі гайкові № 17, 13	перевірка на наявність герметичності захисного чохла, деформації і тріщин корпусу шарніра, пальця,	0,03
4	Натиснути кнопки 1 і 2, перевірити люфт в кулькових шарнірах і аналіз отриманої інформації	Детектор люфтів, площадки 3 і 4	Відсутність зазорів і люфтів, осьовий зазор в кульковому шарнірі не повинен перевищувати 0,7 мм.	0,17
5	Відключити кнопки 1 і 2	Детектор люфтів, площадки 3 і 4		0,002
6	Натиснути кнопки 1 і 2, повторно перевірити люфт в кулькових шарнірах, повторний аналіз отриманої інформації	Детектор люфтів, площадки 3 і 4	відсутність зазорів і люфтів, осьовий зазор в кульковому шарнірі не повинен перевищувати 0,7 мм.	0,17
7	Відключити кнопки 1 і 2	Детектор люфтів, площадки 3 і 4		0,002

Технологічна карта діагностування кулькових шарнірів підвіски автомобіля «FORD» вібраційним способом

Загальна трудомісткість 0,114 люд.год.

№ пункт	Зміст операції	Прилади і інструмент	Технічні умови	Трудомісткість люд.год
1	Установка автомобіля на опорні платформи люфт-детектора, його фіксація на рухомих платформах	Детектор люфтів ходової частини для легкових автомобілів		0,03
2	Підйом автомобіля і приведення люфт-детектора в робоче положення			0,02
3	Візуальна перевірка технічного стану кулькових шарнірів	Слюсарний інструмент, ключі гайкові № 17, 13	Перевірка на наявність герметичності захисного чохла, деформації і тріщини корпусу шарніра, пальця, елементів кріплення	0,03
4	Установка вібрдатчиків на кулькові шарніри	неодимові магніти для установки вібрдатчиків	контакт вібрдатчиків з корпусом шарових шарнірів в області досліджуваного спраження	0,002
5	Натиснути кнопки 1 і 2, перевірити люфт в кулькових шарнірах	Детектор люфтів площадки 3 і 4	Відсутність зазорів і люфтів	0,02
6	Відключити кнопки 1 і 2	Детектор люфтів площадки 3 і 4		0,002
7	Аналіз отриманої інформації		Осьовий зазор в кульковому шарнірі не повинен перевищувати 0,7 мм.	0,01

Приклад установки і орієнтації вібрдатчика при діагностуванні кулькового шарніра в умовах СТОА ТОВ «ТД Автоцентр Поділля»



№ п/п	Обладнання	Сума, грн.
1	Вібрдатчик ДН-3	2950
2	Кабель вібрдатчика ДН-3, 3м.	750
3	Програмне забезпечення - LabVIEW SignalExpress + аналогово-цифровий перетворювач (АЦП)	25000
4	Мобільний комп'ютер	5500
5	Неодимовий магніт для кріплення вібрдатчика	200
	Сума	34400

Собівартість впровадження вібраційного способу діагностування величини осьового зазору кулькових шарнірів легкового автомобіля $C_{д2} = 1500 + 34400 = 35900 \text{ грн.}$

Економічна ефективність при впровадженні розробленого способу діагностування $K = 29160 \text{ грн. / рік.}$

Термін окупності вібраційного способу діагностування величини осьового зазору кулькових шарнірів передньої підвіски легкового автомобіля

$$C_0 = \frac{35900}{29160} = 1,23 \text{ роки.}$$

Додаток Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення ефективності діагностування підвіски легкового автомобіля в умовах станції технічного обслуговування автомобілів товариства обмеженою відповідальністю «ТД Автоцентр Поділля» місто Вінниця

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
 Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

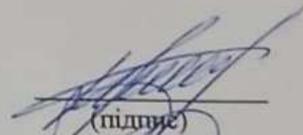
Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism (КПІ) 29,3 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

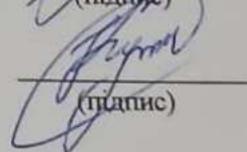
- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки академічного плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Цимбал С.В., завідувач кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

Кужель В.П., доцент кафедри АТМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

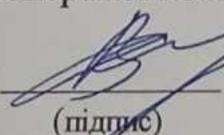
Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

В висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

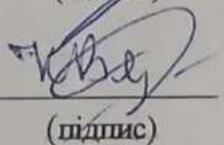
Керівник


(підпис)

Огневий В.О., доцент кафедри АТМ

(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач


(підпис)

Конон В.О.

(прізвище, ініціали)