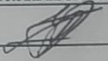


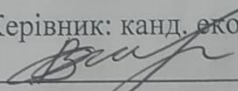
Вінницький національний технічний університет  
Факультет машинобудування та транспорту  
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

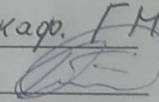
## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області»

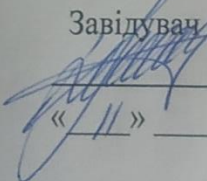
Виконав: студент 2-го курсу, групи 1АТ-22м  
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт  
 Устій В.Ю.

Керівник: канд. екон. наук, доцент каф. АТМ  
 Огневий В.О.  
« 06 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц каф. ГМ  
Бакалєць Д. В.   
« 08 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 11 » грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 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.

«18» 09 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Устію Вадиму Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області.

керівник роботи Огневий Віталій Олександрович, к.е.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 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 безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі ТЗ – легкові автомобілі; об'єкт дослідження – процес формування шиною бічних реакцій при переїзді колесом, що рухаються з кутлом відведення, через одиничну нерівність; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1 Аналіз ефективності діагностування гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області

2 Теоретичні передумови стендового методу діагностування гасильних елементів підвіски

3 Експериментальні дослідження з підвищення ефективності діагностування гасильних елементів підвіски автотранспортних засобів

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

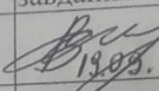
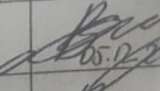
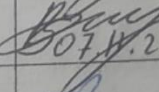
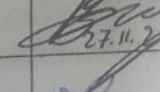
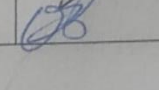
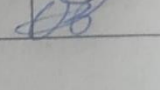
5 Економічна ефективність впровадження методики діагностування автомобільних гасильних елементів підвіски на сто «АВТО-АЛЬЯНС»

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

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

- 4 Графік кусково - лінійної функції, яка описує робочу характеристику елемента підвіски
- 5 Техніко-економічні показники ВТБ СТО «АВТО-АЛЬЯНС»
- 6 Розрахункова схема коливальної системи колеса з еластичною шиною під зовнішньої сили FYD і бокової реакції RY
- 7 Функціональні залежності робочих характеристик гасильних елементів під прийнятних для проведення пошукового експерименту і значення їх показників у технічного стану R15 91H, від технічного стану гасильного елемента підвіски  $\chi$ , отримані в процесі переміщення колеса, яке рухається з кутом відведення  $\delta=3^\circ$ , одиничної нерівності напівкруглого профілю радіусом 0,03 м зі швидкістю  $V_{\chi}=3,6$  м/с.
- 9 Графіки зміни бокових реакцій  $R_{\chi}$ , на ділянці шляху  $L=5,6$  м, пройденому колесом з кутом відводу шини  $\delta=3^\circ$  від моменту наїзду шини на одиничну нерівність зі швидкістю  $V_{\chi}=3,6$  м/с при показникові технічного стану гасильного елемента підвіски  $\chi=0\%$
- 10 Економічна ефективність результатів дослідження

#### 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	 19.09.23	 25.12.23
Визначення ефективності запропонованих рішень	Огневий В.О., доцент кафедри АТМ	 30.11.23	 27.11.23
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим.
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	Викон
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	Викон
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	Викон
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	Викон
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-29.11.2023	Викон
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	07.11-27.11.2023	Викон
7	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	07.11-27.11.2023	Викон
8	Нормоконтроль МКР		
9	Попередній захист МКР	30.11-04.12.2023	Викон
10	Рецензування МКР	05.12-07.12.2023	Викон
11	Захист МКР	08.12-11.12.2023	Викон
		12.12-22.12.2023	

Студент  
Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Устій В.Ю.

Огневий В.О.

## АНОТАЦІЯ

УДК 629.113.004

Устій В. Ю. Підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 107 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 19; табл. 18.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання підвищення експлуатаційної надійності автомобілів шляхом удосконалення процесу діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування. У розділі 1 обґрунтовано доцільність діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС». В розділі 2 розглянуто теоретичні передумови стендового методу діагностування гасильних елементів підвіски. В розділі 3 виконані експериментальні дослідження з підвищення ефективності діагностування гасильних елементів підвіски автотransпортних засобів. В розділі охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях розроблено технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення щодо безпеки під час проведення діагностування, безпека у надзвичайних ситуаціях. В розділі 5 проведено визначення ефективності діагностування гасильних елементів підвіски автотransпортних засобів.

Графічна частина складається з 10 слайдів.

Ключові слова: діагностування, гасильні елементи підвіски, контроль технічного стану, автомобіль, умови експлуатації.

## ABSTRACT

UDC 629.113.004

Ustiy V. Yu. Improving the quality of diagnostics of extinguishing elements of the suspension in the conditions of the vehicle maintenance station "AUTO-ALLIANS" village of Stryzhivka, Zhytomyr region. Master's qualification thesis on specialty 274 - Motor transport, educational program - Motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 107 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig.: 19; table 18.

In the master's qualification thesis, the question of increasing the operational reliability of cars by improving the process of diagnosing the extinguishing elements of the suspension in the conditions of the technical service station was worked out. Chapter 1 substantiates the feasibility of diagnosing the extinguishing elements of the suspension in the conditions of the "AUTO-ALLIANCE" car service station. Chapter 2 examines the theoretical prerequisites of the bench method of diagnosing suspension extinguishing elements. In section 3, experimental studies were performed to improve the efficiency of diagnostics of extinguishing elements of the suspension of motor vehicles. In the section on labor protection and safety in emergency situations, technical solutions for occupational hygiene and industrial sanitation, technical solutions for safety during diagnostics, safety in emergency situations have been developed. In chapter 5, the effectiveness of diagnostics of extinguishing elements of the suspension of motor vehicles is determined.

The graphic part consists of 10 slides.

Key words: diagnostics, extinguishing elements of the suspension, control of technical condition, car, operating conditions.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ефективності діагностування гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області.....	10
1.1 Аналіз методів та засобів діагностування гасильних елементів підвіски.....	10
1.2 Контроль стійкості і керованості ТЗ.....	15
1.3 Аналіз засобів діагностики гасильних елементів підвіски при стендових методах контролю.....	20
1.4 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС».....	22
1.5 Дослідження ринку послуг СТО «АВТО-АЛЬЯНС».....	27
1.6 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази СТО «АВТО-АЛЬЯНС».....	34
1.7 Висновки до розділу 1.....	39
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТЕНДОВОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАСИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ.....	42
2.1 Структурна схема системи «Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса».....	42
2.2 Математична модель процесу формування бічних реакцій між еластичною шиною і опорною поверхнею при переїзді колесом, яке рухається з кутами відведення, одиничної нерівності.....	43
2.3 Алгоритм розрахунку вихідних параметрів системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса».....	55
2.4 Контроль технічного стану гасильних елементів підвіски АТЗ із забезпечення здатності шин створювати бічні реакції.....	56
2.5 Висновки до розділу 2.....	62

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАСИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.....	63
3.1 Методика експериментального дослідження робочих характеристик гасильних елементів підвіски при зміні їх технічного стану	63
3.2 Обґрунтування вимог до тестового впливу на випробуваний гасильний елемент підвіски.....	69
3.3 Результати пошукового експерименту процесу переїзду колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності зі зміною технічного стану гасильного елемента підвіски.....	70
3.4 Методика оцінки адекватності математичної моделі.....	77
3.5 Результати дослідження процесу формування бічних реакцій при переїзді колесом, що рухається з кутом відведення, одиничної нерівності	79
3.6 Висновки до розділу 3.....	79
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	85
4.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії .....	86
4.2 Технічні рішення щодо безпеки під час проведення діагностування	90
4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	92
4.4 Висновки до розділу 4 .....	92
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ГАСИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ НА СТО «АВТО-АЛЬЯНС».....	94
Висисновки до розділу 5.....	102
ВИСНОВКИ .....	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	105
ДОДАТКИ.....	107
Додаток А Ілюстративна частина .....	108
Додаток Б Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	109

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Автомобільний транспорт є найпоширенішим і в той же час найнебезпечнішим видом транспорту. Кожен день на дорогах України відбувається велика кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Велика їх частка супроводжується втратою ТЗ стійкості з неконтрольованою зміною траєкторії руху, занесенням, а іноді і перекиданням.

Втрата курсової стійкості відбувається через недостатність сил зчеплення в контакт шин автомобіля із дорогою, коли зовнішні сили перевищують сили зчеплення. Остані залежать від виду та стану дорожнього покриття, а також стабільності їхнього контакту з дорогою, який забезпечують гасильні елементи підвіски. Під час експлуатації ТЗ технічний стан гасильних елементів підвіски погіршується, і як наслідок, погіршується якість зчеплення шин з дорогою, а разом з ним керованість, стійкість і активна безпека.

Існуючі методи діагностування гасильних елементів підвіски не враховують впливу їхньої працездатності на показники курсової стійкості ТЗ. Прагнення створити ефективні методи діагностування гасильних елементів підвіски, суперечить недоліку знань про закономірності впливу їх працездатності на показники курсової стійкості.

В зв'язку з цим магістерська кваліфікаційна робота спрямована на виявлення закономірностей впливу технічного стану гасильних елементів підвіски на якість зчеплення шин з опорною поверхнею є актуальною.

**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 стійкості і активної безпеки автомобілів на основі діагностування гасильних елементів підвіски з врахуванням впливу їх стану на характеристики зчеплення шин з опорною поверхнею.

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



1. Розробити математичну модель системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», яка дозволить провести дослідження процесу формування шиною бічних реакцій при переїзді колесом нерівностей з врахуванням впливу на цей процес технічного стану гасильних елементів підвіски;

2. Виявити функціональні залежності, які характеризують вплив змін технічного стану гасильних елементів підвіски на показники стійкості руху в процесі дії на них бічної сили та переїзді колесами нерівностей;

3. Науково-обґрунтувати методику контролю гасильних елементів підвіски, яка враховує вплив їх технічного стану на здатність шин створювати бічні реакції в умовах збурень, викликаних коливаннями нормального навантаження на колесах;

4. Виконати виробничу перевірку результатів дослідження і дати їм оцінку.

5. Розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Об'єктом дослідження** є процес формування шиною бічних реакцій при переїзді колесами які рухаються з кутом відведення одиничної нерівності при варіюванні технічного стану гасильних елементів підвіски .

**Предметом дослідження** є закономірності, які характеризують вплив технічного стану гасильних елементів підвіски на характеристики бічного зчеплення шини з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження на колесо.

**Методи дослідження.** Під час проведення аналітичних досліджень використовували чисельні методи розв'язання диференціальних рівнянь, методи математичного моделювання та математичного аналізу. При плануванні експерименту та оцінці адекватності математичної моделі використовували статистичні методи.

**Наукова новизна:**

- отримала подальший розвиток математична модель системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», яка дозволяє виконувати аналітичні дослідження процесу формування шиною

бічних реакцій при переїзді колесами які рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності при варіюванні технічного стану гасильних елементів підвіски;

- удосконалена методика діагностування гасильних елементів підвіски заснована на аналізі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Удосконалена методика і реалізуюче її обладнання дозволяють діагностувати гасильні елементи підвіски з урахуванням їх впливу на характеристики зчеплення шин з опорною поверхнею, що значно підвищить активну безпеку автомобілів в умовах експлуатації.

**Достовірність теоретичних положень** магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується коректним застосуванням математичних методів та збіжністю результатів математичного моделювання та експериментальних досліджень.

**Апробація результатів роботи.** Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024.

**Публікації.** Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці, з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру [20].

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАСИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ НА ОСНОВІ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЧЕПЛЕННЯ ШИН З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ В УМОВАХ СТАНЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ «АВТО-АЛЬЯНС» СЕЛО СТРИЖІВКА ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Аналіз методів та засобів діагностування гасильних елементів підвіски

Гасильні елементи підвіски забезпечують контакт шин з дорогою та сприяють ефективній роботі рульового керування та гальмівної системи. Саме підвіска та гасильні елементи підвіски сучасного автомобіля є елементами його активної безпеки, які потребують діагностування з використанням сучасних методів та засобів. Технічна діагностика є одним із найбільш досконалих інструментів, за допомогою якого можна достовірно оцінювати працездатність систем, вузлів та агрегатів, які відповідають за безпеку автомобілів в умовах експлуатації.

Великий внесок у розвиток технічної діагностики зробили такі вчені як: Говорущенко Н.Я., Крамаренко Г.В., Харазов А.М. та інші.

Розвиток сучасних методів та засобів технічної діагностики дозволяє більш якісно вирішувати завдання, спрямовані на підтримку працездатності ТЗ в умовах експлуатації, в тому числі, і з метою забезпечення їхньої активної безпеки.

В магістерській кваліфікаційній роботі особливий інтерес викликають методи та засоби технічної діагностики гасильних елементів підвіски ТЗ в умовах експлуатації. Особлива увага приділена методам, які дозволяють прямо чи опосередковано оцінювати технічний стан гасильних елементів підвіски за їх здатністю забезпечувати стабільність контакту шин з дорогою та величину бічної реакції у плямі контакту.

Виявити зовнішні дефекти гасильних елементів підвіски такі як підтікання рідини або пошкодження штока та корпусу можна при ретельному зовнішньому

огляді з використанням підйомного обладнання. Виявлення несправного гасильного елемента підвіски, у якого робочі характеристики виходять за допустимі межі і є приховані дефекти, є важким завданням.

Робочі характеристики гасильних елементів підвіски отримують на спеціальних динамометричних стендах. Принцип їх роботи полягає в тому, що шток гасильного елемента підвіски, жорстко закріплюють на стенді і залишають нерухомим, а циліндр переміщують вгору і вниз в заданому діапазоні швидкості переміщення. Або навпаки, циліндр гасильного елемента підвіски жорстко закріплюють на стенді, а шток гасильного елемента підвіски переміщують. При цьому проводяться вимірювання сил опору  $F_D$ , переміщення  $S_A$  і швидкість  $V_A$  переміщення поршня гасильного елемента підвіски.

Для опису закономірностей зміни сил опору, які створює гасильний елемент підвіски при його роботі, його робочу характеристику поділяють на 4 ділянки: 2 початкових (дросельні режими) і 2 клапанних ділянки при ході відбою і стиснення, кожна з яких має вигляд, представлений на рис.1.1.



1 і 2 – початкові ділянки (дросельний режим); 3 і 4 – клапанні ділянки, відповідно при ході стиску і відбою.

Рисунок 1.1 - Робоча характеристика гідравлічного гасильного елемента підвіски

Також робочі характеристики гасильних елементів підвіски можна отримати на спеціалізованих вібростендах, які дозволяють оцінювати здатність гасильних елементів підвіски знижувати амплітуду коливань невіднесених мас ТЗ (рис.1.2) [15].



Рисунок 1.2 - Вібростенд для діагностування підвіски та гасильних елементів підвіски

Загальними недоліками методів діагностики підвіски на вібростендах є:

- вони здатні контролювати зниження нормальних реакцій на колесах ТЗ в результаті аномальної роботи підвіски;
- колеса ТЗ у момент діагностики не обертаються (нерухомі).

Черепанов Л. А. при дослідженні впливу характеристик гасильних елементів підвіски на плавність ходу легкового автомобіля представив робочу характеристику гасильного елемента підвіски у вигляді кусково-лінійної функції, що складається з чотирьох ділянок - двох початкових ділянок і двох клапанних ділянок, кожна з яких апроксимується лінійними залежностями (Рис. 1.3).

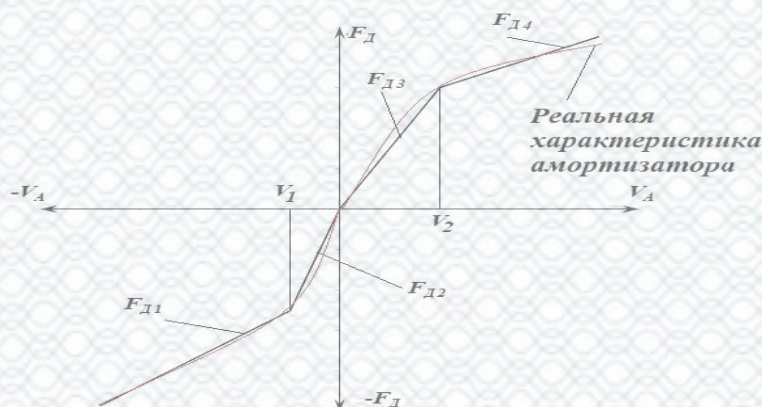


Рисунок 1.3 - Графік кусково - лінійної функції, яка описує робочу характеристику гасильного елемента підвіски

Досить цікавим є метод діагностики автомобільних гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею.

За даним методом виявляються функціональні залежності між параметрами технічного стану гасильних елементів підвіски і параметрами, які характеризують зчеплення шини, яка рухається з кутом відведення, з опорною поверхнею при переїзді колеса через одиничну нерівність.

Режим тестового впливу запропонованого методу включає кочення колеса з відведенням по поверхні бігового барабана, який обертається із заданою швидкістю і процесу переїзду еластичної шини через нерівність напівкруглого профілю. У процесі діагностики гасильного елемента підвіски вимірювальна система стану Шинний тестер (рис.1.4) дозволяє контролювати нормальну реакцію  $R_{ZD}$ , яка діє від невідвіреної маси на відвірену і бічну реакцію  $R_{YD}$ , яка діє від колеса на відвірену масу [15].



Рисунок 1.4 - Загальний вигляд стану, діагностування гасильних елементів підвіски ТЗ, з урахуванням здатності шин створювати бічні реакції [22].

Функціональну характеристику гасильних елементів підвіски у вигляді залежності  $F_D=f(V_A)$  сили опору гасильного елемента підвіски від швидкості поршня в рамках даного методу визначають на виготовленому для цього

динамічному стенді контролю робочих характеристик елементів демпфування підвіски.

Результати проведеного дослідження дозволили авторам зробити висновки про те, що величина бічної реакції  $R_Y$  між еластичною шиною і поверхнею бігового барабана в процесі руху колеса з відведенням і переїзд через одиничну нерівність залежить:

- від технічного стану гасильного елемента підвіски ;
- від амплітуди та тривалості коливання невідвіреної маси;
- від зчіпних властивостей шини;
- від коливання шини у плямі контакту.

До недоліків запропонованого методу слід віднести: значний вплив на процес формування бічної реакції у плямі контакту, характеристик шини; щодо динамічного процесу коливань була врахована сила тертя підвіски; процес діагностики вимагає тимчасових та фінансових витрат на демонтаж та монтаж гасильних елементів підвіски , які діагностуються в умовах експлуатації.

За підсумками аналізу стендових методів діагностики гасильних елементів підвіски можна зробити такі висновки:

- існуючі стенди для діагностики гасильних елементів підвіски не дозволяють оцінювати технічний стан гасильних елементів підвіски за показником впливу на процес формування бічної реакції в плямі контакту еластичної шини з майданчиками стенду, а результатом діагностики є параметри, які дозволяють оцінювати плавність ходу та зниження навантаження на колеса;
- методи стендової діагностики стану гасильних елементів підвіски дозволяють оцінювати вплив технічного стану гасильного елемента підвіски на стабільність плями контакту еластичної шини з опорною поверхнею та процес формування бокових реакцій. При цьому вони не дозволяють прогнозувати показники стійкості керованого руху, ТЗ, який діагностується при варіюванні технічного стану гасильних елементів підвіски .

Отже аналіз літературних джерел, що містять результати досліджень, присвячених вивченню робочого процесу гасильних елементів підвіски , і його

математичного опису показує, що при моделюванні динаміки коливань підресорених і безпружинних мас АТЗ в умовах експлуатації цілком коректне використання кусково-лінійної функції. Її досить просто уявити шляхом апроксимації чотирьох функціональних ділянок робочої характеристики гасильного елемента підвіски лінійними рівняннями. При цьому робочі характеристики гасильних елементів підвіски можна отримати на звичайному динамометричному стенді. Цей метод є досить простим і легко реалізується в умовах експлуатації АТЗ. Він не вимагає великих витрат часу, трудових і матеріальних засобів.

### 1.1 Контроль стійкості і керованості ТЗ

Перетворення енергії коливань підресореної та непідресореної маси ТЗ в теплову енергію, повинні виконувати гідравлічні гасильні елементи підвіски .

Велике значення у вирішенні проблеми забезпечення активної безпеки ТЗ займають дослідження стійкості їхнього керованого руху.

Питаннями підвищення стійкості і керованості АТЗ займалися багато зарубіжних і вітчизняних вчених. Основоположниками теорії керованості і стійкості були Антонов Д. А., Ветчинкин Н.Є., Литвинов А.С., Малюгин П.М., Певзнер Я.М., Хачатуров А.А. і ін.

В теорії стійкості автомобіля основну увагу приділяв його руху з великими швидкостями і малими кутами бічного відведення керованих коліс. Його рівняння руху автомобіля виведені в припущенні сталості швидкості руху. Спроба обійти це обмеження була зроблена в роботі В.М. Кленнікова [27]. У ній розглядається, як повинен змінюватися кут керованих коліс, щоб при рівномірному збільшенні швидкості руху автомобіль рухався по колу.

Важливо відзначити, що основна частина наукових праць, присвячених дослідженню питань керованості і стійкості АТЗ, виконана з допущенням про відсутність обурюючих факторів від нерівностей дороги.



Хачатуров А.А. досліджував рух автомобіля під впливом бічних сил з урахуванням деформацій шини у всіх напрямках, використовуючи теорію Келдиша [25]. Автор враховував динаміку переміщень підресорених і безпружинних мас при відомих типах підвіски і збурень з боку профілю дороги.

Автор пропонує оцінювати стійкість автомобіля експериментальним методом руху по колу з зафіксованим кермом з наїздом його коліс на нерівність заввишки від 4 до 8 см і довжиною 1 м. За даними експерименту визначають: імпульс бічного прискорення на передньому і задніх мостах, за час переїзду коліс одиничної нерівності і імпульси бічних деформацій шин [23].

Більш сучасні дослідження представлені в роботах Бахмутова С.В. і його учнів [23]. Їх роботи спрямовані на розробку наукових основ параметричної оптимізації АТЗ за критеріями керованості і стійкості.

Не дивлячись на колосальний обсяг виконаних досліджень вченими жодна з перерахованих вище робіт не містить інформацію про вплив технічного стану гасильних елементів підвіски на стійкість і керованість АТЗ.

У роботі Ахмедова А. А. [25] було поставлено завдання провести оптимізацію функціональних характеристик та конструкції ТЗ категорії М1 відповідно до обраних критеріїв стійкості та керованості під час руху дорогою, яка має нерівності. У результаті було встановлено, що при цьому погіршується амплітудно – частотна характеристика ТЗ, оцінена автором за величиною кутової швидкості та бічним прискоренням на повороті. Враховуючи збурення при наїзді на нерівності, було запропоновано провести оптимізацію конструкції ТЗ для поліпшення його керованості та стійкості.

У роботі наведено рекомендації з метою покращення характеристик керованості та стійкості дослідного зразка ТЗ – збільшити його показники демпфування передньої підвіски на 8,5% та у задній підвісці – на 12,5%.

Одним з перших учених, хто встановлював безпосередній вплив гасильних елементів підвіски на стабільність зони контакту шин АТЗ є Ф.І. Бомхард. Дослідження мали експериментальний характер і проводилися на ділянці шосе з невеликою кривизною проїжджої частини. Цю ділянку Ф.І. Бомхард

охарактеризував як «небезпечну» і «аварійну». Автомобілі, що рухаються з великою швидкістю, виїжджали на цю ділянку, і їх зносило в дерева, висаджені вздовж шосе. Аналізуючи результати експериментів Бомхард Ф.І., впливає що процес формування шиною бічних реакцій, при впливі збурення дороги має нестационарний характер. Він пов'язаний з коливаннями шин в бічному напрямку щодо диска колеса. Результати дослідження підтверджують припущення про те, що стійкість і керованість АТЗ в більшій мірі залежить від стабільності контакту шини з опорною поверхнею дороги, що має змінний профіль. Аналіз дослідження, проведеного Ф.І. Бомхард, дає можливість стверджувати, що параметром, що визначає стабільність контакту шини з опорною поверхнею, може бути відносна величина, яка показує шлях пройдений колесом з відсутністю контакту шини на окремо взятій ділянці.

Але і цей показник не можна вважати достатньо інформативним, оскільки він не враховує зчпні властивості шини з опорною поверхнею при коливанні нормального навантаження. Властивості щеплення шини можна визначити, тільки знаючи значення бічних реакцій, які складно виміряти в дорожніх умовах.

В роботі Слепенко Є.А. [26] проводилося експериментальне дослідження коливань кузова та коліс ТЗ, які виникають при його рівномірному русі та екстремому гальмуванні при переїзді одиначної детермінованої нерівності, яке супроводжувалося відривом коліс від дороги. У процесі проведення дослідження автор виявив суттєві відмінності при перебігу процесу коливань кузова та підвіски ТЗ за відсутності відриву коліс від поверхні дороги та за його наявності.

В результаті дослідження встановлено, що висоти нерівностей дороги суттєво впливають на довжину пройденого ТЗ шляху, що супроводжується нестабільним контактом коліс із дорогою. При підвищенні рівня демпфування підвіски та шин ТЗ значно покращується контакт коліс із дорогою.

На відрив коліс ТЗ від поверхні дороги значно впливає пружний опір шин. При його збільшенні на 100% шлях, пройдений ТЗ за наявності відриву коліс від опорної поверхні зменшується на 30%. У той самий час збільшення непружного

опору підвіски на 100%, шлях, пройдений ТЗ за наявності відриву коліс зменшується на 17%.

Дослідник Н.В. Ньан в своїй роботі пропонує вирішити цю проблему за допомогою створення додаткового силового впливу на шини за рахунок переміщення АТЗ в бічному напрямку на опорних платформах вібростенда, що реалізує метод EUSAMA. Ньан Н.В. встановив, що мінімальна величина реалізованого коефіцієнта бокового зчеплення при коливаннях безпружинних мас АТЗ на вібростенді знижувалася тим більше, чим більше знижувався коефіцієнт демпфування гасильних елементів підвіски. Таким чином Н.В. Ньяном був науково обгрунтований і експериментально апробований мінімальний коефіцієнт бокового зчеплення  $\varphi_{ymin}$ , який характеризує вплив технічного стану підвіски АТЗ на характеристики зчеплення шин в процесі їх діагностування на вібростенді.

Не дивлячись на те, що розроблений Н.В. Ньяном метод дозволяє виконувати контроль технічного стану підвіски АТЗ на основі функціональних залежностей коефіцієнта зчеплення шини  $\varphi_{ymin}$  з опорною поверхнею від коефіцієнтів опору гасильного елемента підвіски  $K_{пст}$  і  $K_{пвідб}$  і враховує коливання безпружинних мас АТЗ, він не позбавлений недоліків.

По-перше, в процесі контролю колеса АТЗ не обертаються. При цьому механіка процесу зчеплення шин з опорною поверхнею значно відрізняється від дорожніх умов експлуатації АТЗ;

По-друге, зниження ефективності роботи гасильного елемента підвіски кількісно враховується за рахунок зниження значень двох коефіцієнтів демпфування гасильних елементів підвіски при ході стиснення і відбою, що характерно для гасильних елементів підвіски з лінійною характеристикою, в той час, коли більшість сучасних гідравлічних гасильних елементів підвіски АТЗ мають нелінійні характеристики зміни сил опору в робочому діапазоні швидкостей переміщення поршня щодо циліндра.

У роботі [16] автор проводить результати дослідження курсової стійкості ТЗ при переїзді колесами одиначної нерівності трикутного профілю. При цьому

поодинокі нерівності була розташована під колесами одного борту ТЗ. Контрольованими параметрами досліджуваного процесу були відхилення ТЗ від заданого прямолінійного руху та курсовий кут. При проведенні дослідження здійснювався контроль за довжиною ділянки руху, на якій проходила стабілізація траєкторії руху ТЗ.

Вимірювалося максимальне відхилення ТЗ від розміченого коридору руху обмеженого контрольними точками та контролювався кут повороту рульового колеса. У ході дослідження встановлено, що аналіз стійкості ТЗ з урахуванням впливу нерівностей дороги значно розширює уявлення про вплив на цей процес характеристик пружного та демпфуючого елементів підвіски ТЗ.

З погляду впливу стійкості ТЗ функціональної характеристики його гасильних елементів підвіски інтерес представляє робота Н.Г. Васильєва [3]. Встановлено, що високочастотні коливань непереднесореної маси збільшують амплітуду коливань нормального навантаження на колесах до того, що можуть викликати порушення їх контакту з дорогою, який супроводжується різким зміщенням центру мас ТЗ від заданої траєкторії руху. Виявлено ефект недостатньої повертаємості при зміщенні коліс передньої осі та надмірної повертаємості при зміщенні коліс задньої осі. Зниження рівня демпфування у підвісці супроводжується курсовими коливаннями ТЗ.

При зниженні рівня демпфування гасильних елементів підвіски на 50% від вихідного ТЗ погано керується, зростають амплітуди коливань його кутової швидкості та прискорення щодо вертикальної осі.

Аналіз наукових досліджень, спрямованих на оцінку впливу стабільності контакту коліс із дорогою на стійкість ТЗ показує недостатність опрацювання цього питання. Мало вивчено вплив технічного стану гасильних елементів підвіски стану ТЗ на стабільність плями контакту шин і їх бічного зчеплення з опорною поверхнею.

У багатьох роботах з цієї проблематики можна зустріти твердження про те, що відрив коліс від дороги при дії збурюючих сил істотно впливає на безпеку експлуатації ТЗ, за рахунок різкого погіршення стійкості керованого руху. Однак

у дослідженнях на тему стійкості не приділяється належної уваги впливу технічного стану гасильних елементів підвіски на параметри, які характеризують траєкторію руху ТЗ в умовах дії бічної сили та коливання невіднесених мас.

### 1.3 Аналіз засобів діагностики гасильних елементів підвіски при стендових методах контролю

Огляд відомих стендових методів діагностування гасильних елементів підвіски дозволив виявити такі їх переваги та недоліки:

1) Методи контролю гасильних елементів підвіски, які реалізують на вібростендах, не здатні оцінювати вплив їх технічного стану на параметри, що характеризують зчеплення шин з опорною поверхнею. Запропонований Н.В. Ньан метод, не дивлячись на те, що він дозволяє проводити контроль технічного стану гасильних елементів підвіски — безпосередньо за показниками, які характеризують якість зчеплення шини, має суттєві недоліки:

- по-перше, при тестовому впливі на об'єкт контролю відсутній обертання коліс, що не відповідає реальним умовам експлуатації АТЗ;

- по-друге, зниження працездатності гасильного елемента підвіски кількісно оцінюється за рахунок зниження двох коефіцієнтів демпфування при ході стиснення і відбою відповідно. При цьому велика частина сучасних гідравлічних гасильних елементів підвіски АТЗ мають нелінійний характер зміни сил опору в робочому діапазоні швидкостей переміщення поршня;

- по-третє, на точність вимірювання контрольованих параметрів великий вплив робить технічний стан інших елементів підвіски, що створюють непружний опір.

2) Метод діагностування гасильного елемента підвіски поза підвіскою АТЗ, що реалізовується на спеціальних динамометричних стендах, пов'язаний з необхідністю його зняття з автотранспортного засобу. Це робить його

економічно недоцільним для більшості автомобілів, у яких вартість робіт з демонтажу порівнянна з ціною нового гасильного елемента підвіски .

Однак, як зазначає у своїй роботі О.Д. Златовратський «... на практиці не поодинокі випадки, коли на автомобілі продовжують експлуатуватися гасильні елементи підвіски , ефективність роботи яких вже не відповідає встановленим вимогам. Але буває і зворотна ситуація, коли з АТЗ при ремонті його підвіски знімають і замінюють практично справні гасильні елементи підвіски »[21].

З огляду на вищевикладене можна констатувати, що метод контролю, який реалізується на динамометричних стендах, може бути цілком економічно вигідним, для випадку, коли гасильний елемент підвіски вже демонтований з АТЗ в процесі ремонту підвіски. А якщо врахувати, що цей метод дозволяє отримувати інформацію про технічний стан гасильного елемента підвіски безпосередньо по його принципу роботи даного продукту, то можна його визнати більш точним і ефективним в порівнянні з методами, реалізованими на вібростендах.

Ефективність методу діагностування гасильного елемента підвіски поза підвіскою АТЗ можна значно підвищити, якщо виявити закономірність між показником зміни його робочої характеристики при зниженні працездатності, і показниками, що характеризують стабільність зчеплення шини в плямі її контакту з опорною поверхнею, яка надає рівноважний вплив на систему «Шина - безпружинна маса - підвіска - підресорена маса».

Силовий вплив на систему має здійснюватися в бічному і вертикальному напрямках. При цьому має проводитися замір бічних і нормальних реакцій шини.

Для створення бічних реакцій, що діють на шини АТЗ від опорної поверхні, задають рух АТЗ або при русі по колу, або на поперечному схилі. Рух АТЗ в обох випадках супроводжується бічною деформацією шин і коченням його коліс з кутами відведення.

З роботи А.А. Хачатурова [27] відомо, що для вертикального обурює впливу на еластичні шини АТЗ з боку опорної поверхні, досить переїхати колесами через одиничну нерівність. Це підтверджує гіпотезу про те, що ефективність контролю гасильних елементів підвіски АТЗ в умовах експлуатації

можна значно підвищити, якщо враховувати вплив їх технічного стану на процес формування бічної реакції шини при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності.

Закономірність між показником, що характеризує зміну робочих характеристик гасильних елементів підвіски при зниженні їх працездатності, і показником, що характеризує зчеплення шини з опорною поверхнею, можна встановити в ході аналітичного та експериментального досліджень цього процесу. Результати дослідження можуть бути основою методики ефективного діагностування гасильних елементів підвіски АТЗ з урахуванням їх впливу на здатність шин створювати бічні реакції.

Для аналітичного дослідження необхідно розробити математичну модель системи «Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», що описує процес формування шиною колеса, що рухається з кутом відведення бічних реакцій, при переїзді ним через одиничну нерівність. Вона повинна враховувати вплив на досліджуваний процес, зчіпних властивостей шин, технічного стану гасильних елементів підвіски, динаміки коливань підресорених і безпружинних мас, а також характеристик опорної поверхні з одиничною нерівністю.

#### 1.4 Аналіз діяльності станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС»

Станція технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» приватний підприємець Біленький Юрій Васильович. Підприємство знаходиться за юридичною адресою Житомирська обл. с. Стрижівка, вул. К. Маркса, 2 (виїзд на хмельницьку трасу). Основною метою діяльності СТО «АВТО-АЛЬЯНС» є отримання прибутку та задоволення потреб населення в технічному обслуговуванні та ремонті автомобілів. Відповідно до КВЕД ДК 009:2010 клас 45.20 за видом діяльності - технічне обслуговування та ремонт автомобільних засобів включає:

- механічний ремонт;
  - ремонт гальмівних систем автотранспортних засобів;
  - ремонт електронних систем упорскування палива;
  - поточний ремонт і обслуговування;
  - ремонт запчастин автотранспортних засобів;
  - ремонт лобового скла та вікон;
  - ремонт сидінь автотранспортних засобів;
  - ремонт шин і камер, їх установлення або заміну;
  - антикорозійне оброблення;
  - установлення деталей і приладдя, яке не є складовою процесу виробництва автотранспортних засобів.
- переобладнання автотранспортних засобів для роботи на газових сумішах.
  - буксирування і технічну допомогу на шляхах за винагороду.

Статутний капітал становить 25000 грн. 50% статутного капіталу внесено грошовими коштами зразу на момент прийняття рішення про реєстрацію підприємства, а 50% було внесено протягом трьох наступних років здійснення господарської діяльності.

Майно підприємства становлять основні засоби та обігові кошти, а також цінності, вартість яких відображається у самостійному балансі підприємства суб'єкта малого підприємництва. Майно підприємства є приватною власністю і закріплюється за ним на праві повного господарського володіння.

Підприємство володіє, користується та розпоряджається зазначеним майном на свій розсуд, вчиняючи щодо нього будь які дії, які не суперечать чинному законодавству та Статуту підприємства. Джерелами формування майна підприємства є: доходи, одержані від надання послуг, а також від інших видів фінансово-господарської діяльності; кошти, отримані від реалізації майна; кредити банків та інших кредиторів; капітальні вкладення; безоплатні або благодійні внески, пожертвування організацій і громадян; придбання майна



іншого підприємства, організацій; іншого майна, набутого на підставах, не заборонених законодавством.

Ефективність діяльності підприємства багато в чому залежить від його організаційної структури, принципів її побудови та постійного удосконалення.

Тому характерними рисами організаційної структури управління є сукупність підрозділів, окремих посадових осіб і взаємозв'язки між ними, що виникають у результаті виконання завдань для досягнення цілей підприємства. Необхідність формування організаційної структури зумовлено процесом розподілу праці на підприємстві та здійснення процесу управління і реалізація визначених функцій. Підприємство самостійно визначає структуру управління, встановлює штати.

На СТО „Авто-альянс” діє лінійна структура управління. Основним принципом її побудови є вертикальна ієрархія, тобто підпорядкованість ланок управління знизу до верху. При лінійній структурі управління дуже чітко здійснюється принцип єдиначальності: на чолі кожного підрозділу стоїть керівник, наділений усіма повноваженнями, який здійснює одноособове керівництво підлеглими йому ланками, а також зосереджує у своїх руках усі функції управління. Керівники підрозділів нижчих ступенів безпосередньо підпорядковуються тільки одному керівникові більш високого рівня управління, вищий орган управління не має права віддавати розпорядження будь-яким виконавцям, міняючи їхнього безпосереднього керівника. Даний вид структур характеризується одномірністю зв'язків: у них одержують розвиток тільки вертикальні зв'язки.

До переваг лінійної організаційної структури управління можна віднести:

- 1) єдність розпорядництва, простоту і чіткість підпорядкування;
- 2) повну відповідальність керівника за результати діяльності підлеглих йому підрозділів;
- 3) оперативність у прийнятті рішень.

Недоліками цього найпростішого виду структури управління можна назвати:

- велике інформаційне перевантаження керівника, величезний потік документів, множинність контактів із підлеглими, вищими і суміжними ланками;
- високі вимоги до керівника, який повинен бути висококваліфікованим фахівцем, що володіє різнобічними знаннями і досвідом з усіх функцій управління і сфер діяльності, які здійснюють підлеглі йому працівники;
- структура може бути пристосована тільки до вирішення оперативних і поточних завдань.

СТО «АВТО-АЛЪЯНС» у своїй структурі має наступні відділи:

1. Зона ТО і ПР;
2. Зона діагностики;
3. Ремонтно-механічна дільниця;
4. Відділ реалізації запасних частин;
5. Складське господарство.

В цілому на підприємстві працює 16 основних та 2 допоміжних працівники. Усі керівні посади займають високоосвічені спеціалісти.

СТО має 7 постів обслуговування: пости технічного обслуговування і поточного ремонту та діагностики. СТО має 5 підіймачів, сучасні діагностичні стенди, стенд для діагностування гальмівних систем, стенд для регулювання кутів розвалу і сходження керованих коліс, пристрої для балансування коліс, для ремонту шин. На СТО встановлена сучасна система вентиляції, обладнана кімната для відпочинку власників автомобілів, які проходять ТО або ремонтуються.

Всі замовлення можна індивідуально обговорити з майстром, щоб той урахував усі побажання власника автомобіля. На СТО виконують гарантійний ремонт і заміну за необхідністю несправного компонента. На СТО також є мастильні матеріали від провідних виробників за цінами виробників.

Для розрахунків показників прибутку визначається загальний об'єм послуг та продукції. В таблиці 1.1 проведемо оцінку узагальнюючих показників фінансово-господарської діяльності СТО.

Серед персоналу СТО працюють кваліфіковані робітники, які пройшли

навчання на спеціальних курсах підвищення кваліфікації.

Таблиця 1.1 – Аналіз показників фінансово-господарського стану

п/п	Показники	2021 р.	2022 р.	Відхилення 2022р. від 2021р.	
				Абс. (+/-)	відн, %
1	Чистий дохід (виручка від реалізації), тис. грн.	998	1020	22,0	102,2
2	Чистий прибуток (збиток), тис. грн.	132,3	136,1	3,8	111,1
3	Середньооблікова чисельність працівників, осіб	14	16	2	111,7
4	Фонд оплати праці, тис. грн.	339,0	390,6	51,6	115,22
5	Власний капітал, тис. грн.	25,0	25,0	-	100,0
6	Необоротні активи, тис. грн.	68,9	75,4	6,5	109,4
7	Короткострокові кредити та позики, тис. грн.	7,1	3,2	-3,9	45,07

Основним показником, за яким проводиться оцінка діяльності підприємства, є обсяг реалізації побутових послуг з ТО і ремонту автомобілів, що належать населенню.

При виконанні підприємством одноразових замовлень сторонніх організацій, що розраховуються по безготівковому рахунку, об'єми виконаних робіт включаються в загальний об'єм реалізації побутових послуг.

Аналізуючи показники таблиці 1.1 можна відзначити наступну тенденцію, що склалася по основних показниках діяльності підприємства:

- виручка від реалізації продукції (послуг) у звітному періоді в порівнянні з попереднім періодом виросла на 22,0 тис. грн., або на 2,2%, що свідчить про ріст товарообороту на СТО і обсягів надання послуг;
- чистий прибуток показує аналогічну тенденцію до росту і у 2022 році в порівнянні з 2021 склав 3,8 тис. грн., або 11,1%;
- середньооблікова чисельність працівників підприємства збільшилась на 2 особи, або на 11,7%, що зумовлено нарощуванням обсягів надання послуг;
- фонд оплати праці також зріс на 51,6 тис. грн., або на 15,22%, це

пов'язано з ростом обсягів виконаних робіт працівниками відрядниками та ростом мінімальної заробітної плати, що є закономірним явищем;

- власний капітал протягом періоду дослідження знаходиться на тому ж самому рівні і складає 25,0 тис. грн., що характеризується величиною статутного капіталу сформованого періодичним способом внесення коштів: на початку діяльності – 50%, інших 50% протягом трьох років діяльності СТО;

- необоротні активи характеризуються також позитивною тенденцією до нарощування і у 2022 році в порівнянні з 2021 роком ріст склав 16,5 тис. грн., або 9,4%;

- позитивну тенденцію до зниження залучених коштів показує звітний 2019 рік, а саме зниження короткострокових зобов'язань від зовнішніх джерел склало 3,9 тис. грн., або близько 55%.

Як висновок, можна підсумувати, що СТО показує позитивну тенденцію до зростання обсягів надання послуг, завоювання нових сегментів ринку, зростання виробничого потенціалу і позитивним іміджем у сфері надання послуг даного регіону.

### 1.5 Дослідження ринку послуг СТО «АВТО-АЛЬЯНС»

На сучасному етапі розвитку для автообслуговуючих підприємств вагомим є безперервний аналіз тенденцій розвитку ринку послуг з ремонту та підтримки працездатності автотранспортних засобів. Пропорційно змінам потреб споживачів автосервісних послуг, а також враховуючи розвиток сучасного автомобілебудування та інших наукоємних галузей економіки, повинна проводитися модернізація автосервісної пропозиції. А також важливим етапом моніторингу ринку послуг СТО є дослідження співвідношення концентрації автомобілів за географічною ознакою та наявності підприємств автомобільного сервісу з оптимальним спектром пропонованих автосервісних послуг.

Якщо при збільшенні автомобільного парку кількість підприємств з технічного обслуговування та ремонту автомобілів залишається незмінною, то

безперечним є зростання обсягів послуг на діючих автосервісних підприємствах. Таким чином, створюються сприятливі умови для тих, хто працює на цьому ринку, через те, що приріст автотранспортних засобів є об'єктивною передумовою розширення виробництва автомобільного сервісу. Така ситуація не може бути постійною на автосервісному ринку через можливість перевищення попиту над пропозицією таких послуг, зниження якості, зростання термінів виконання робіт та низки інших негативних чинників.

В таблиці 1.2 наведені дані про кількість незалежних станцій технічного обслуговування в Житомирській області.

Таблиця 1.2 – Незалежні СТО Житомирської області.

Кількість СТО	Чисельність населення	Кількість автомобілів	Кількість автомобілів на одну СТО	Збільшення автомобілів за 20 років, %
55	1279000	201758	3668	31,8

Приведені в таблиці цифри – це база даних фірми, клієнтами якої є незалежні автосервіси. Ця база неповна, мабуть – неточна, в чомусь неопрацьована. В ній, по експертним оцінкам, нараховується біля 75% всіх незалежних СТО (5361 з 7000-8000) України. Є бази, в яких нараховується більше 7500 СТО. Ті дані, в яких немає сумніву, наприклад, кількість СТО в Києві, показують, що на одну СТО приходиться всього 704 автомобіля, це близько до європейської статистики (в Євросоюзі на 220-240 млн. автомобілів є 500 000 СТО, біля 500 автомобілів на 1 станцію). Тим те менше, навіть такі неточні дані розкривають загальну картину стану незалежного автосервісу в Україні: в середньому на одну СТО приходиться трохи більше 1100 автомобілів. Є території, на яких автосервіс розвинутий недостатньо чи його взагалі немає. Житомирська область в цьому рейтингу займає третє місце з кінця.

Таблиця 1.3 – Підприємства СТО м. Житомир і Житомирської області

Найменування підприємства конкурента	Юридична адреса	Вид робіт
СТО "Авто Миллениум"	Житомирська область, м. Бердичів, вул. Парижської Комуни, 96	Ремонт шин, автомобілів українських та російських виробників
СТО «Бердичів»	Житомирська область, м. Бердичів, вул. Володарського, 12	Переобладнання та ремонт мікроавтобусів
СТО "Автосервіс"	м. Житомир, вул. Рибалка, 25	Ремонт і технічне обслуговування автомобілів та інших транспортних засобів на замовлення
СТО "Автостиль"	Житомирська область, м. Бердичів, вул. Короленко 41П	Переобладнання салонів, ремонт і технічне обслуговування легкових автомобілів та інших транспортних засобів на замовлення населення
СТО BOSH Сервіс "Новое тысячелетие"	Житомирська область, м. Бердичів, вул. Парижської Комуни 96А	Ремонт і технічне обслуговування легкових автомобілів, сервісне обслуговування автомобілів BOSCH
СТО Інтер АВТО Житомир-Сервіс	м. Житомир, вул. Коростишівська, 1А	Ремонт і технічне обслуговування легкових автомобілів та інших транспортних засобів на замовлення населення
СТО ПАТ Житомир-Авто	Житомирська область, с. Довжик, вул. Богунська, 11	Ремонт і технічне обслуговування: балансування, шиномонтаж, сигналізація, ремонт двигунів і т.д.
СТО «АВТО»	Житомирська область, м. Любар, вул. Квітуча, 5	Технічне обслуговування легкових автомобілів та інших транспортних засобів на замовлення населення
СТО «Любар»	Житомирська область, м. Любар, вул. Центральна, 17	Технічне обслуговування легкових автомобілів та інших транспортних засобів на замовлення населення

Незалежний автосервіс обслуговує в різних областях від 80 до 97% автомобілів. 70% СТО мають чисельність 3-5 чоловік і потужність 1-2 поста. Персонал автосервісу в основному – непрофільний, його кваліфікація не має формального підтвердження. (90% непрофільного персоналу).

Фактична потреба постів – біля 43 000. Фактична потреба СТО – 10-12 тисяч. Фактична потреба персоналу автосервісу – 50-60 тис. чоловік (не враховуючи потребу в фахівцях для продажу запасних частин).

Як підсумок Житомирський регіон відноситься до групи, що не забезпечені належною кількістю незалежних СТО, з цього можна зробити

висновок, що навантаженість в обласних, районних та наближених до районних центрів СТО є достатньо високою

Не менш важливим є проведення аналізу конкурентного середовища, кількості конкурентів, переліку наданих послуг, рівня якості, цінових показників. Найбільш високий рівень конкуренції може бути досягнутий за рахунок ефективного використання існуючих потужностей, поліпшення якості обслуговування та надання послуг, оптимального визначення рівня цін на послуг, проведення акційних знижок та ін. Необхідність безперервного поліпшення якості послуг, культури обслуговування, іміджу підприємства є передумовою конкурентоспроможності. Для більш детального вивчення конкурентного середовища і формування конкурентних переваг необхідно проводити постійний моніторинг внутрішнього та зовнішнього середовища. З цією метою проведемо дослідження основних конкурентів СТО «Авто-альянс»

До клієнтів СТО можна віднести усіх, хто обслуговує автомобілі в СТО «АВТО-АЛЬЯНС», також це можуть бути просто відвідувачі, які придбали автомобіль у іншому місці, але хочуть отримувати послуги з обслуговування і ремонт на даній СТО.

Для визначення рівня конкурентоспроможності даного підприємства на ринку, необхідно провести маркетингове дослідження. Метод збору даних - опитування. При проведенні опитування приділяється увага наступним питанням:

1. Наскільки проінформовані клієнти про ремонті послуги СТО «АВТО-АЛЬЯНС» й інші СТО зокрема.
2. Який вимогам повинні відповідати проведені роботи на СТО "Авто-альянс".
3. Які переваги в наданні послуг досліджуваного СТО та СТО-конкурентів.

У ході маркетингового дослідження з'ясовано, що при проведенні обслуговування автомобіля замовники послуг звертають увагу, у першу чергу, на ціну послуги й рівень її якості, рівень кваліфікації працівників та їх комунікацію, сервіс обслуговування, час потрачений на обслуговування,

розташування СТО від місця проживання. У ході опитування була виявлена наступна залежність: чим вище рівень доходу респондента, тим вище для нього грають роль ціна, якість, сервіс і фактори індивідуалізації.

Конкуренцію даній СТО складають як малі майстерні так і великі і середні підприємства різних організаційно-правових форм м. Житомира, Житомирської області та м. Любар. В одних із них ціни на обслуговування і ремонт нижчі, проте вони не мають такого високого рівня професіоналізму, як тут, більшість обладнання на них застаріла і використовується з порушенням норм експлуатації, а інші мають високу ціну, нижчий сервіс і звичайно відіграє велику роль віддаленість від місця проживання.

Місія СТО «Авто-альянс» надавати цілісний пакет послуг з ремонту та технічного обслуговування для якнайповнішого задоволення їхніх потреб. Нефінансові цілі СТО – вихід на ринок сервісних і технологічних послуг для обслуговування легкових автомобілів м. Любар та Любарського району, створення бази постійних клієнтів компанії.

Фінансові цілі компанії полягають у забезпеченні її окупності та самофінансування, в досягненні чистого прибутку на рівні 15% від доходу після третього року діяльності, окупності інвестицій після третього року діяльності компанії.

Внутрішні сильні сторони: висока активність керівництва компанії, здатність до інновацій; підібраний висококваліфікований персонал (що для станцій технічного обслуговування доволі рідкісне явище), велика територія, що може бути використана для кількох цілей; вдале розташування; наявність початкових технологічних споруд і деякого обладнання.

Внутрішні слабкі сторони: зношеність обладнання, брак обігових коштів. Головна зовнішня можливість – зростання кількості автомобілів, велика кількість і збільшення кількості власників авто, відсутність подібного СТО з можливостями надання такого комплексного пакета послуг.

Серед загроз – можливість переорієнтації інших СТО для на подібні вид послуг, наявність великих станцій технічного обслуговування й мала потреба в



агрегатному ремонті; низька рентабельність через високу капіталомісткість виробництва.

У Житомирському регіоні попит вищий чим пропозиція. Коли потенційна емність цільового сегмента більше, ніж сумарний обсяг робіт, який виконують усі надавачі даного виду послуг, то потенційний попит перевищує пропозицію, новий надавач відносно легко може виявити свою клієнтуру .

Інакше новий виконавець повинен розробити стратегію відвоювання частини ринку (клієнтів ) в існуючих конкурентів, що є змістом роботи тільки у випадку великої економічної ефективності цього сегменту, і достатніх своїх можливостях.

Краще вишукати вільні зони за іншими ознаками. При розробці стратегії завоювання сегмента ринку виконавець має позиціювати пропозицію своєї послуги серед аналогічних пропозицій конкурентів. Для позиціювання необхідно визначити ознаки або властивості послуг такі як: 1 - час, що затрачає споживач на одержання послуги; 2 – час виконання послуги; 3 – вартість послуги або нормогодини; 4 – якість (наприклад , за п'ятибальною шкалою від 1 до 5 з урахуванням думок клієнтів ). Дані для побудови карти позиціювання збираються шляхом обстеження ринку, тобто аналізом конкурентів та опитування споживачів .

У якості прикладу візьмемо географічний район , який характеризується наявністю автосервісних підприємств наведених у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Перелік СТО району в залежності від ознак

Категорія СТО	Час чекання до початку виконання	Час виконання послуги	Вартість нормо-години	Якість, бали (від 1 до 5)
Малі	до 1 год	до 2 год	до 30	4
Середні	1-2 год	2-4 год	30-50	3
Великі	2-4 год	4-8 год	50-100	2

На рисунку 1.5 подано графічне відображення вільної частини ринку та частин, які займають конкуренти.

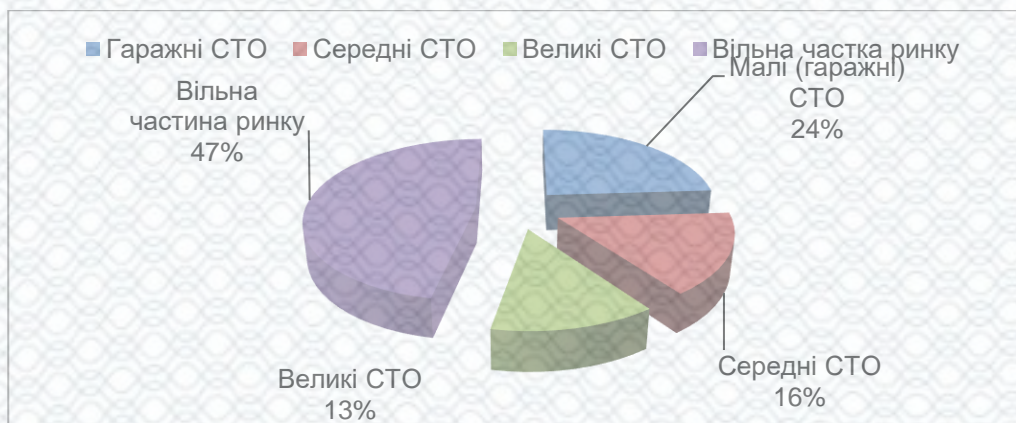


Рисунок 1.5 - Графічне відображення вільної частини ринку та частин, які займають конкуренти

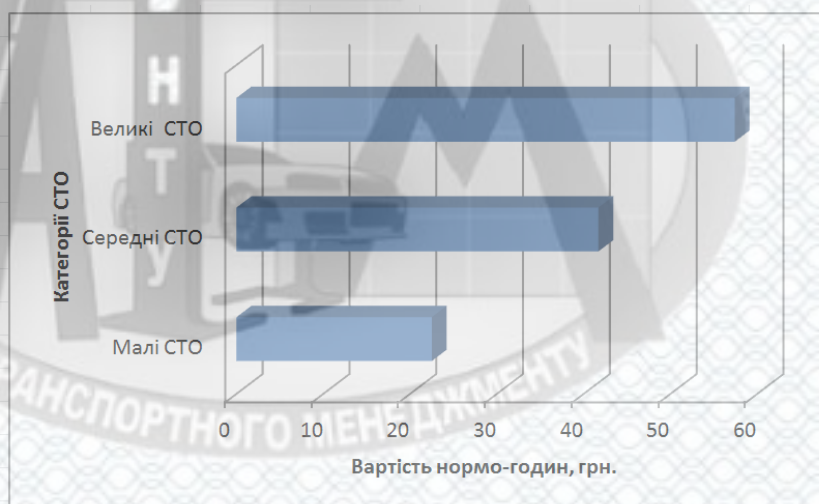


Рисунок 1.6 – Карта позиціонування STO за ознаками "вартість нормо години - категорія STO".

## 1.6 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази STO «АВТО-АЛЬЯНС»

Станція технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» приватного підприємця "Білецький Ю.В." має всього один виробничо-адміністративний корпус. Інших будівель на території не має.

Основний корпус STO спланований і побудований таким чином, щоб забезпечити можливість надання всіх послуг клієнтам, які передбачені функціями STO.

Всі приміщення СТО можна розділити на кілька груп. Перше, це виробничі приміщення. Вони призначені безпосередньо для надання послуг ТО і ремонту автомобілів клієнтам СТО. До цих приміщень відноситься зона ТО і ПР, пост приймання автомобілів та антикорозійної обробки, а також ремонтно-механічна дільниця. Друге – складське приміщення, призначене для зберігання запасних частин, інструменту, матеріалів та ін. Третє – допоміжні та побутові приміщення, це два санвузли, душова, побутова кімната для робітників СТО, кімната для клієнтів СТО, яка розташована біля поста приймання автомобілів. Четверте – адміністративне приміщення, в якому розміщені адміністрація СТО та бухгалтерія. Також на даному СТО є невеликий автомагазин, де продають запасні частини, та автомобільні аксесуари, які користуються найбільшим попитом.

У виробничих приміщеннях СТО розташоване технологічне обладнання, яке забезпечує технологічні процеси ТО і ремонту автомобілів. Все обладнання виробничих підрозділів СТО поділяється на чотири групи.

Підйомно-оглядове обладнання – це електромеханічні підіймачі, яким обладнані пости ТО і ПР. Основне технологічне обладнання – це мотор-тестер, обладнання для розбирально-складальних робіт, стенди, верстати та ін. Допоміжне обладнання – шафа для приладів та інструментів, стіл-верстак, ящики та ін. Пристрої та інструменти – професійні набори інструментів слюсаря авторемонтника.

Оцінювання виробничо-технічної бази СТО «АВТО-АЛЬЯНС» виконаємо шляхом порівняння показників ВТБ для існуючої СТО з нормативними показниками типової СТО.

Питомі техніко-економічні показники для міських СТО визначені з розрахунку на один робочий пост для еталонних умов:

- чисельність робітників – 5,0;
- площа виробничо-складських приміщень – 197 м<sup>2</sup>;
- площа адміністративно-побутових приміщень – 81 м<sup>2</sup>;
- площа території – 1050 м<sup>2</sup>;

Питомі показники для міських СТО розраховані для таких еталонних умов:

число робочих постів – 10; середньорічний пробіг одного автомобіля – 10 тис. км; кліматичний район – помірно-холодний; умови водо-, тепло- і електропостачання – від міських мереж.

Для умов, що відрізняються від еталонних, всі показники для міських СТО залежно від загального числа робочих постів (ТО, ПР, комерційного миття, протикорозійного оброблення, передпродажної підготовки) коректуються введенням коефіцієнтів  $K_p$ :

$$P_{\text{пит}} = P_{\text{пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p;$$

$$S_{\text{вир.пит}} = S_{\text{вир.пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p;$$

$$S_{\text{адм.пит}} = S_{\text{адм.пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p;$$

$$S_{\text{тер.пит}} = S_{\text{тер.пит}}^{\text{ет}} \cdot K_p,$$

(1.1)

де  $P_{\text{пит}}$ ,  $S_{\text{вир.пит}}$ ,  $S_{\text{адм.пит}}$ ,  $S_{\text{тер.пит}}$  – відповідні питомі значення чисельності виробничих робітників, площі виробничо-складських приміщень, площі адміністративно-побутових приміщень та площі території, зведені до умов підприємств;

$P_{\text{пит}}^{\text{ет}}$ ,  $S_{\text{вир.пит}}^{\text{ет}}$ ,  $S_{\text{адм.пит}}^{\text{ет}}$ ,  $S_{\text{тер.пит}}^{\text{ет}}$  – значення ТЕПів для еталонних умов;

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує число робочих постів СТО.

Дані для порівняння приведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Техніко-економічні показники СТО «АВТО-АЛЬЯНС»

Назва показника	Показники		$\frac{P_i^{\phi}}{P_i^{\text{н}}} \cdot 100 \%$
	Існуючої СТО, $P_i^{\phi}$	Типової СТО, $P_i^{\text{н}}$	
1. Площа території, $\text{м}^2$	2520	2310	91,66
2. Чисельність виробничих працівників, чол.	9	10	90
3. Площа виробничо-складських приміщень, $\text{м}^2$	324	316	102,53
4. Площа адміністративно-побутових приміщень, $\text{м}^2$	162	184	88,04

Проаналізувавши стан ВТБ СТО можна зазначити, що вона придатна для

виконання якісного ремонту і ТО легкових автомобілів, але їй необхідно оптимізувати роботу зони ТО і ПР, щоб покращити якість і швидкість надання послуг.



Рисунок 1.7 - ТЕП ВТБ СТО «АВТО-АЛЬЯНС»

Аналіз техніко-економічних показників СТО показує:

1) кількість працюючих ремонтних і допоміжних робітників менша нормативної на 10 %, що вказує на необхідність збільшення чисельності персоналу, або підвищенні продуктивності праці робітників за рахунок засобів механізації та автоматизації праці. При підвищенні продуктивності праці з'явиться можливість обслуговування більшого числа автомобілів інших організацій і приватних осіб;

2) ВТБ забезпечена площами ТО і ПР на 102,53 %, що показує необхідність оптимізації роботи зони ТО і ПР. Площі виробничих приміщень

дещо більші від нормативного значення, але не значно;

3) Площа земельної ділянки, яку займає СТО трохи більша нормативного значення, але не значно;

4) Адміністративно-побутові приміщення дещо менші від нормативних, але не значно;

5) Зони і ділянки СТО в цілому укомплектовані устаткуванням, але частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим, воно підлягає оновленню.

Таким чином доцільно на підприємстві провести організаційно-технологічні заходи з вирішенням таких питань: поліпшити вікову структуру устаткування, збільшити вагу ВТБ в загальній вартості ОВФ за рахунок введення в експлуатацію нової прогресивної техніки, підвищити рівень механізації процесів ТО і ПР, вдосконалити діючі засоби праці.

Комплексну оцінку стану ВТБ виконують за такими напрямками: характеристика виробничих приміщень, стан технологічного устаткування, характеристика рівня технології ТО і ПР, рівень організації та управління виробництвом.

У відповідності до матеріалів річної фінансової звітності у 2021 та 2022 роках СТО «АВТО-АЛЬЯНС» мало показники подані в таблиці 1.1. Показники ефективності розраховані за наступними формулами і результати занесені до таблиці 1.6.

Фондовіддача розраховується за формулою:

$$\Phi_{\text{в}} = \frac{\text{ОП}}{\text{ОЗ}}, \quad (1.2)$$

де ОП – обсяг реалізованої продукції, тис. грн.;

ОЗ – вартість основних засобів, тис. грн.

Фондомісткість розраховується за формулою:

$$\Phi_M = \frac{OЗ}{OП}. \quad (1.3)$$

Фондоозброєність розраховується за формулою:

$$\Phi_{озб} = \frac{OЗ}{ЧП}, [\text{тис. грн.}] \quad (1.4)$$

де ЧП – чисельність працівників, осіб.

Таблиця 1.6 – Основні засоби та показники ефективності їх використання

Найменування показника	2021 рік	2022 рік	Відхилення 2022 р. від 2021р.
Залишкова вартість основних засобів, тис. грн.	68,9	75,4	6,5
Чистий дохід (виручка від реалізації), тис. грн.	998	1020	22,0
Чисельність працівників, осіб	15	16	1
Показники ефективності використання виробничо-технічної бази СТО			
Фондовіддача	13,48	13,52	0,04
Фондомісткість	0,071	0,073	0,002
Фондоозброєність, тис. грн.	4,59	4,71	0,12

Розраховуємо показники:

$$\Phi_B^{18} = \frac{998}{68,9} = 13,48; \quad \Phi_B^{19} = \frac{1020}{75,4} = 13,52;$$

$$\Phi_M^{18} = \frac{68,9}{998} = 0,071; \quad \Phi_M^{19} = \frac{75,4}{1020} = 0,073;$$

$$\Phi_{озб}^{18} = \frac{68,9}{15} = 4,59; \quad \Phi_{озб}^{19} = \frac{75,4}{16} = 4,71;$$

Аналізуючи показники ефективності використання основних засобів можна, що спостерігається незначна тенденція до покращення показників:

- фондвіддача у 2022 році в порівнянні з 2021 зростає на 0,04;
- фондомісткість майже залишилась на одному і тому ж рівні – 0,07 грн.;
- фондоозброєність зростає на 0,12 тис. грн.,

Як висновок, можна відмітити, що чисельність працівників зростає на 1 особу і відбулося зростання вартості основних засобів, за рахунок чого відбувся ріст фондоозброєності на 0,12 тис. грн., але поряд з цим фондвіддача залишилась майже на тому ж самому рівні, тому управлінському персоналу необхідно більше звертати уваги окрім нарощування виробничого потенціалу на його ефективне використання у виробничому процесі.

### 1.7 Висновки до розділу 1

1. Гасильні елементи підвіски є елементами активної безпеки АТЗ. Їх технічний стан необхідно регулярно контролювати в умовах експлуатації АТЗ. Ефективність методів стендового діагностування гасильних елементів підвіски можна значно підвищити, якщо враховувати їх вплив на процес бокового зчеплення шини з опорною поверхнею при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності. Для цього необхідно виявити закономірність між показником, що характеризує зміну потужності опору гасильних елементів підвіски при зниженні їх працездатності, і показником, що характеризує зчеплення шини з опорною поверхнею. Для цього необхідне проведення наукового дослідження, результати якого будуть основою методики ефективного діагностування гасильних елементів підвіски АТЗ з урахуванням їх впливу на здатність шин створювати бічні реакції.

2. Для виконання аналітичного дослідження необхідно розробити математичну модель яка описує процес формування шиною, що рухається з кутом відведення бічних реакцій, при переїзді колесом через одиничну нерівність в системі «Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска -



*Підресорена маса*». Модель повинна враховувати вплив на досліджуваний процес, зчіпних властивостей шин і динаміку її коливань, технічного стану гасильних елементів підвіски, динаміки коливань підресорених і безпружинних мас, а також характеристики опорної поверхні з одиничною нерівністю;

3. Для математичного опису процесу формування бічних реакцій між еластичною шиною і опорною поверхнею, при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності і зміні технічного стану гасильного елемента підвіски, доцільно використовувати математичну модель, розроблену А.Б. Диком, оскільки вона є простою, зручною для розрахунків, зі зрозумілими з фізичної точки зору параметрами і дозволяє розраховувати вихідні параметри з мінімальними похибками. Дана модель містить добре вивчені параметри шин, які просто визначаються в ході експерименту на спеціальних шинних тестерах;

4. Проаналізувавши стан виробничо-технічної бази станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС», можна зробити такі висновки:

- кількість працюючих ремонтних робітників менша нормативної на 10 %, що вказує на необхідність збільшення чисельності персоналу, або підвищенні продуктивності праці робітників за рахунок засобів механізації та автоматизації праці.

- чисельність виробничих робітників менше нормативного значення, що пов'язано з плинністю кадрів, обумовлених низьким рівнем заробітної плати, число постів зони ТО і ПР автотранспортного підрозділу більше нормативних показників.

- зони і дільниці СТО в цілому укомплектовані устаткуванням, але частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим, воно підлягає оновленню.

- площі стоянки автомобілів і площі території СТО дозволяють в перспективі обслуговувати більше автомобілів.

## РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТЕНДОВОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАСИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ

### 2.1 Структурна схема системи «Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса»

З метою вирішення поставлених завдань наукового дослідження розроблені теоретичні передумови методу діагностування гасильних елементів підвіски АТЗ по забезпеченню ними здатності шин створювати бічні реакції. Для цього була розроблена структурна схема процесу функціонування об'єкта дослідження.

Внутрішніми параметрами елементів системи є коефіцієнти і функції: коефіцієнти бічного  $\varphi_Y$  і поздовжнього  $\varphi_X$  зчеплення шини з опорною поверхнею; геометричні параметри профілю одиничної нерівності  $q_0$  і  $l_0$ ; поздовжня  $C_{SX}$  і поперечна  $C_{SY}$  жорсткості проковзування; радіальна  $C_Z$  і бічна  $C_Y$  жорсткості шини; коефіцієнти демпфування шини в бічному  $K_{SY}$  і радіальному  $K_{SZ}$  напрямку; радіус кочення колеса в підпорядкованому режимі  $r_{ko}$ ; безпружинна  $m_n$  і підресорена  $M_n$  маси; жорсткість  $C_{PZ}$  і непружний опір підвіски  $K_A$ ; сила опору гасильного елемента підвіски  $F_\delta$  і т.д.

В якості керуючих параметрів досліджуваних процесів виступають: швидкість руху центру колеса в горизонтальному напрямку  $V_X$ , і кут відведення  $\delta$ .

На об'єкт дослідження впливають зовнішні фактори. До зовнішніх факторів віднесемо діючі параметри навколишнього середовища: температура  $t_{окр}$ , атмосферний тиск  $p_{атм}$ , вологість повітря та ін.

Вихідними параметрами системи, є нормальна  $R_Z$  і бічна  $R_Y$  реакції, що діють на шину з боку опорної поверхні.

Схема досліджуваного процесу дозволяє представити діючу на шину з боку опорної поверхні нормальну реакцію  $R_Z$  у вигляді функціоналу:

$$R_z = F \left[ g(g_0, l_0, a_{ПК}, V_x), F_D(V_A, K_A), C_{pz}, C_z, K_{sz}, F_{jh}, F_{jn}, G_z \right], \quad (2.1)$$

Аналогічно в вигляді функціоналу представимо і бокову реакцію  $R_y$ , діючу на шину в пятні контакту з опорною поверхнею:

$$R_y = F \left[ f(S, C_{sx}, C_{sy}, \eta_{sy}, \varphi_x, \varphi_y, f_{\alpha x}, f_{\beta y}), S_y(\delta, V_x, Y_s), R_z, \varphi_{y \max} \right], \quad (2.2)$$

Функціонали (2.1) і (2.2) дають уявлення про структуру розробляємої математичної моделі, про входні в неї функції, параметри, константи і коефіцієнти, які повинні складати основу математичних описів елементів досліджуваного процесу.

2.2 Математична модель процесу формування бічних реакцій між еластичною шиною і опорною поверхнею при переїзді колесом, яке рухається з кутами відведення, одиничної нерівності

Як вже було зазначено, структурна схема системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса» дозволила виявити взаємозв'язки елементів, які беруть участь в досліджуваному процесі і вихідні параметри досліджуваного процесу, у вигляді функціоналів (2.1 і 2.2).

На їх основі при розробці математичної моделі були складені наступні математичні описи:

1. Математичний опис процесу формування бічних реакцій  $R_y$  в плямі контакту шини з опорною поверхнею;
2. Математичний опис нормальної реакції  $R_z$ , що діє від опорної поверхні на шину колеса, а також нормальної реакції  $R_{zd}$ , що діє від непідресореної на підресорену масу;
3. Математичний опис динаміки коливань елементарних мас шин в околиці її плями контакту з опорною поверхнею.

### 2.2.1 Математичний опис процесу формування бічних реакцій $R_y$ шини в режимі руху з кутом відведення

Розрахунок бічних реакцій  $R_y$ , [Н] для нестационарного режиму кочення колеса будемо виконувати на підставі математичної моделі, розробленої Расејка Н.В. і представленої в його дисертації [25]:

$$R_y = R_z \cdot \varphi_{y\max} \cdot \sin \left( a \cdot \arctg \left( b \cdot \sin \delta - b \cdot \frac{Y_s}{V_x} \right) \right), \quad (2.3)$$

де:  $R_z$  – нормальна реакція, діюча від опорної поверхні на шину, [Н],  
 $\varphi_{y\max}$  – максимальний реалізований коефіцієнт бокового зчеплення шини з опорною поверхнею;  
 $\delta$  – кут відводу [рад],  
 $Y_s$  – швидкість зміщення пята контакту в боковому напрямі [м/с],  
 $V_x$  – швидкість руху центра колеса [м/с],  
 $a$  і  $b$  – коефіцієнти, які визначають характер нормованих функцій проковзування  $f(S)$ .

Коефіцієнти, які входять в формулу (2.3) будемо визначати також по методиці Расејка Н.В., відповідно до якої коефіцієнти  $a$  і  $b$  визначаються по формулам [25]:

$$a = \frac{\eta_s}{b}, \quad (2.4)$$

$$b = \frac{(1 + Z_1^2) \cdot \arctg Z_1 - Z_1}{K_z \cdot (1 + Z_1^2) - 1}. \quad (2.5)$$

Коефіцієнт  $Z_1$  визначимо по формулі [25]:

$$Z_1 = \frac{\pi}{K_z \cdot 2}, \quad (2.6)$$

Прийнявши до уваги припущення до розробленої математичної моделі, коефіцієнт  $K_z$  визначимо по формулі [25]:

$$K_z = \frac{\pi - \arctg \left( \frac{f_{\delta y}}{\sqrt{(1-f_{\delta y})^2}} \right)}{\eta_s}, \quad (2.7)$$

де  $\eta_s$  – питомий коефіцієнт опору проковзуванню, який необхідно знаходити за формулою [25]:

$$\eta_s = \eta_{sx} \cdot \xi_{nc}. \quad (2.8)$$

$\eta_{sx}$  – це коефіцієнт опору повздовжньому проковзуванню.

Приймаючи до уваги припущення, які прийняті до розробленої моделі, визначимо цей коефіцієнт по формулі:

$$\eta_{sx} = \frac{C_{sx}}{R_z \cdot \varphi_{y \max}}, \quad (2.9)$$

а коефіцієнт коректування  $\xi_{nc}$ , визначимо по формулі:

$$\xi_{nc} = \sqrt{\cos^2 \beta_s + n_c^2 \cdot \sin^2 \beta_s}, \quad (2.10)$$

де  $n_c$  – відношення коефіцієнтів опору боковому  $C_{sy}$  і повздовжньому  $C_{sx}$  проковзуванню шин [25]:

$$n_c = \frac{C_{sy}}{C_{sx}}. \quad (2.11)$$

$\beta_S$  – кут між векторами повздовжнього  $S_x$  і сумарного проковзування  $S_S$ .

При коченні колеса з кутами відводу повздовжнє проковзування розраховують по формулі [25]:

$$S_x = \cos \delta - \frac{\omega_k \cdot r_{ko}}{V_x}, \quad (2.12)$$

де:  $\omega_k$  – кутова швидкість колеса [рад<sup>-1</sup>];

$r_{ko}$  – радіус кочення колеса в ведучому режимі [м].

Сумарне проковзування  $S_S$  в пятні контакту шини з опорною поверхнею дороги визначимо по відомій формулі [25]:

$$S_s = \sin \delta - \frac{Y_s}{V_x}. \quad (2.13)$$

де  $S_y$  – бокове проковзування шини.

При коченні колеса з еластичною шиною в режимі нестационарного відводу бокове проковзування шини  $S_y$  будемо визначати по формулі [25]:

$$S_y = \sin \delta - \frac{Y_s}{V_x}. \quad (2.14)$$

Раніше проведені дослідження [25] показують, що зі збільшенням бокового проковзування до  $S_y=0,2$  значення коефіцієнта опору повздовжньому проковзуванню  $C_{sx}$  зменшуються приблизно в 3 рази

Прийнявши до уваги припущення до розробленої математичної моделі:  $C_{sx}=C_{sy}$  при  $S_y=0$ , математичний опис кривої, отриманої Расејка Н.В. опишемо експоненціальною функцією:

$$C_{sx} = C_{sy} \cdot e^{-d \cdot s_y}, \quad (2.15)$$

де:  $e$  – число Ейлера,  $e = 2,718$ ;

$d$  – величина, обернена значенню бокового проковзування  $S_y$ , при якому коефіцієнт  $C_{sx}$  знижується в 2,718 раз,  $d=\text{const}$ .

Швидкість поступального руху колеса  $V_x$  і величина кута відведення шини  $\delta$ , в даному випадку є керуючими параметрами. Тому в даній системі «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», при розрахунку параметрів досліджуваного процесу будемо ставити їх у вигляді постійних значень.

Параметри  $\varphi_{y\max}$ ,  $f_{\delta y}$  і  $C_{sy}$ , що характеризують нормовану функцію проковзування колеса з еластичною шиною, що рухається з кутами відведення будемо визначати експериментально на шинному тестері.

Швидкість  $y_s$  зміщення центру плями контакту в бічному напрямку визначимо з рівнянь, що описують динаміку елементарної маси еластичною шини в околиці її плями контакту з опорною поверхнею. Нормальну реакцію  $R_z$  будемо визначати з рівнянь, що описують динаміку коливань підресореної і непідресореної мас, в результаті впливу з боку дороги.

### 2.2.2 Математичний опис робочої характеристики гідравлічного гасильного елемента підвіски

Загальна тенденція розвитку конструкції підвіски ТЗ протягом кількох десятиліть була спрямована на те, щоб основним джерелом зниження амплітуд коливань його непідресорених та підресорених мас були гідравлічні гасильні елементи підвіски. Це зумовлено тим, що конструкторам легше регулювати

коливальні параметри ТЗ шляхом зміни характеристики гасильних елементів підвіски . Це важлива особливість, яка виділяє гасильні елементи підвіски від усіх елементів підвіски, що впливають на коливальні процеси під час руху ТЗ.

Вона підтверджує актуальність розробки ефективного методу діагностування гасильних елементів підвіски за умов експлуатації ТЗ.

Технічний стан гасильного елемента підвіски визначає його робоча (функціональна) характеристика, яка є залежністю сили гідравлічного опору від швидкості переміщення поршня щодо робочого циліндра.

Гідравлічні гасильні елементи підвіски мають несиметричні характеристики стиснення і відбою, які виражені функціями  $F_c=f(v_c)$ ,  $F_o=f(v_o)$ .

Такі характеристики (рис.2.1) отримують на спеціальних динамометричних стендах, шляхом переміщення поршня гасильного елемента підвіски вгору-вниз і виміру при цьому його вихідних параметрів для побудови залежності сили опору гасильного елемента підвіски від швидкості переміщення поршня  $V_A$  [24].

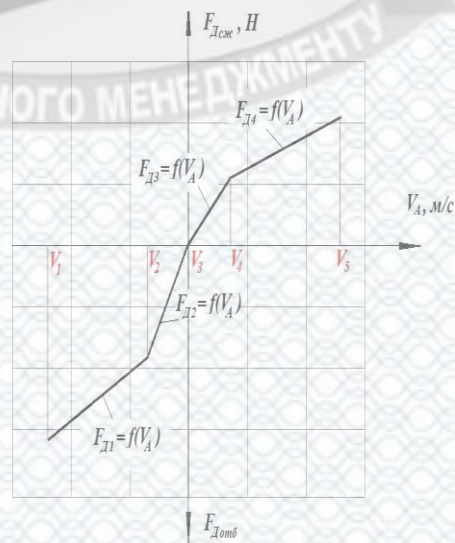


Рисунок 2.1 - Графік шматково-лінійної функції робочої характеристики гасильного елемента підвіски

Силу опору гасильного елемента підвіски  $F_D$  задаємо шматково-лінійною функцією виду [16]:



$$F_D = \begin{cases} F_{D1}(V_A), V_1 \leq V_A < V_2 \\ F_{D2}(V_A), V_2 \leq V_A < V_3 \\ F_{D1}(V_A), V_3 \leq V_A < V_4 \\ F_{D1}(V_A), V_4 \leq V_A < V_5 \end{cases}, \quad (2.16)$$

де:  $V_A$  – швидкість переміщення поршня гасильного елемента підвіски щодо циліндра;

$V_2$  – швидкість поршня гасильного елемента підвіски, коли відбувається відкриття/закриття перепускного клапана під час відбою;

$V_4$  – швидкість поршня гасильного елемента підвіски, коли відбувається відкриття/закриття перепускного клапана під час стиснення;

Швидкість переміщення поршня гасильного елемента підвіски  $V_A$  [м/с] знайдемо як першу похідну від величини переміщення невіднесених мас щодо віднесених  $\Delta z$  вздовж осі OZ:

$$V_A = \frac{d\Delta z}{dt}, \quad (2.17)$$

Функція є результатом апроксимації характерних ділянок залежності, сили опору гасильного елемента підвіски швидкості переміщення поршня, отриманої експериментальним шляхом.

### 2.2.3 Описання процесу коливань віднесеної і невіднесеної мас

Для визначення силових і кінематичних параметрів коливального процесу віднесеної і невіднесеної мас досліджуваної системи, при наїзді колеса на одиничну нерівність, складемо рівняння її динамічної рівноваги:

$$\begin{aligned}
 m_n \cdot h &= F_D + C_{pz} \cdot (\xi - h + \Delta_{\xi hs}) - m_n \cdot g \\
 m_n \cdot \xi &= m_n \cdot g - C_{pz} \cdot (\xi - h + \Delta_{\xi hs}) - F_D + P_{ок} \cdot (C_z \cdot (g - \xi + \Delta_{\xi hs}) + K_{sz} \cdot (g - \xi)), \quad (2.18)
 \end{aligned}$$

де:  $m_n$  – підресорена маса, яка припадає на одне колесо АТЗ, [кг];

$h$  - прискорення переміщення підресореної маси вздовж вісі OZ, [м/с<sup>2</sup>];

$g$  – прискорення вільного падіння, [м/с<sup>2</sup>];

$m_H$  – невідресорена маса, [кг];

$\xi$  - прискорення невідресореної маси вздовж вісі OZ, [м/с<sup>2</sup>].

Рішення диференційного рівняння будемо виконувати численим методом Ейлера. Швидкість переміщення підресореної маси в напрямку вісі OZ в  $i$  - ий момент часу визначимо по формулі:

$$h_i = h_{i-1} + h_i \cdot dt, \quad (2.19)$$

Тоді переміщення підресореної маси вздовж вісі OZ знайдемо по формулі:

$$h_i = h_{i-1} + h_i \cdot dt, \quad (2.20)$$

Аналогічно визначимо швидкість переміщення невідресореної маси вздовж вісі OZ в  $i$ -ий момент часу по формулі:

$$\xi_i = \xi_{i-1} + \xi_i \cdot dt, \quad (2.21)$$

а переміщення невідресореної маси будемо розраховувати по формулі:

$$\xi_i = \xi_{i-1} + \xi_i \cdot dt, \quad (2.22)$$

Враховуючи згладжуючі властивості еластичних шин, процес переїзду ним одиничної нерівності задамо в вигляді згладжуючої функції. Будемо визначати ординату  $q$  в кожен  $i$ -й момент часу по формулі [22]:

$$g = \frac{g_0}{2} \cdot \left( 1 - \cos \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot t_g}{T} \right) \right), \quad (2.23)$$

де:  $g_0$  – максимальна висота одиничної нерівності, [м],

$t_q$  – час з початку взаємодії шини з одиничною нерівністю, [с];

$T$  – період гармонічної згладжуючої функції, [с].

$$T = \frac{l_0}{V_x} = t_{g \max}, \quad (2.24)$$

де:  $l_0$  – шлях пройдений колесом при взаємодії шини з одиничною нерівністю, [м];

$V_x$  – швидкість кочення колеса по опорній поверхні,  $V_x = \text{const}$ , [м/с].

Шлях  $l_0$  пройдений колесом при взаємодії шини з одиничною нерівністю знайдемо формулі (рис. 2.2):

$$l_0 = a_{ПК} + 2 \cdot b_{ПК}, \quad (2.25)$$

де:  $a_{ПК}$  – довжина пляма контакту шини з опорною поверхнею, [м];

$b_{ПК}$  – відстань від одиничної нерівності до найближчої точки пляма контакту шини [м].

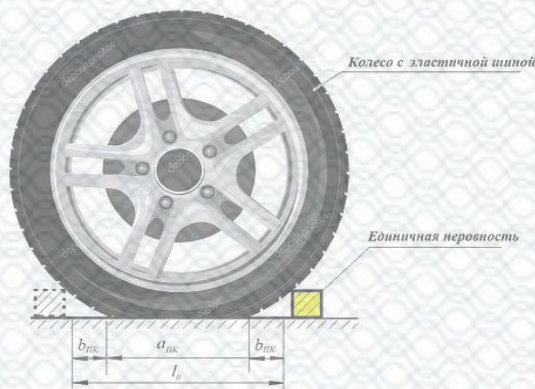


Рисунок 2.2 – Схема визначення параметрів згладжуючої функції шини

Взаємодія колеса з одиничною нерівністю починається з того моменту як шлях  $L$ , пройдений центром колеса, в режимі уводу, буде більший значення довжини релаксації шини  $l_r$ . Тому при математичному описі досліджуваного процесу, необхідно розрахувати шлях, пройдений точкою опорної поверхні бігового барабана стенда, відносно центра колеса по формулі:

$$L = V_x \cdot t, \quad (2.26)$$

де:  $t$  – час від початку кочення колеса, [с].

Поточне  $i$ -е значення часу  $t$  від моменту початку кочення колеса задамо формулою:

$$t_i = t_{i-1} + dt, \quad (2.27)$$

де:  $dt$  – крок інтегрування часу процесу, [с];

$t_{i-1}$  – значення часу процесу на попередньому кроці інтегрування, [с].

Перед початком взаємодії шини з профілем дороги координати  $q$  повинні рівнятися нулю. Із формули ачимо, що умова буде виконуватись тільки в тому випадку, якщо  $t_q$  буде рівне нулю.

В цьому випадку дану умову запишемо наступним чином:

$$\begin{aligned}
 &\text{якщо } L_i \leq l_r, \text{ тоді } t_{gi} = 0 \\
 &\text{якщо } L_i > l_r, \text{ тоді } t_{gi} = t_{gi-1} + dt, \\
 &\text{якщо } t_{gi} \geq T, \text{ тоді } t_{gi} = 0
 \end{aligned}
 \tag{2.28}$$

#### 2.2.4 Математичний опис динаміки маси еластичної шини в околиці її плями контакту з опорною поверхнею

Швидкість  $\dot{y}$  зміщення центру плями контакту шини з опорною поверхнею в бічному напрямку (вздовж осі  $OY$ ) визначимо з рівняння, що описує динаміку коливання елементарних мас еластичною шини.

В процесі проведення дослідження з'ясувалося, що крім коливань елементарних мас еластичної шини щодо її плями контакту з опорною поверхнею, не менш важливо розглядати коливання колеса в бічному напрямку, щодо підресореної маси АТЗ, які виникають в результаті пружних і непружних деформацій сайлентблоків, напрямних елементів підвіски (важелів і ін.).

Для складання рівняння динамічної рівноваги коливальної системи розглянемо розрахункову схему (рис. 2.3).

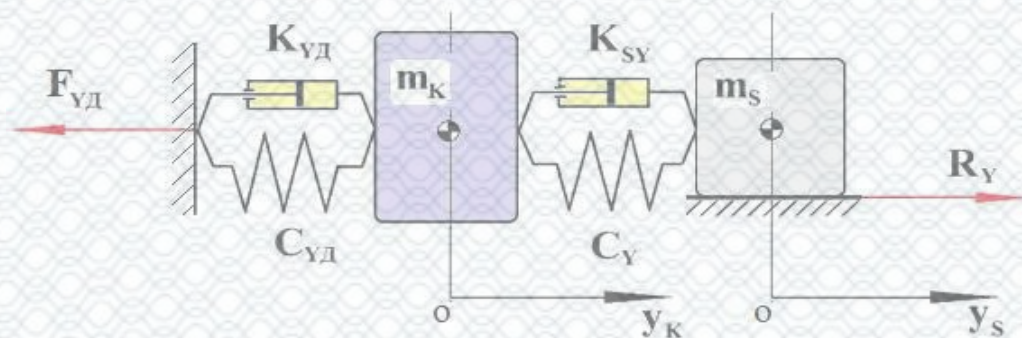


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема коливальної системи колеса з еластичною шиною під дією зовнішньої сили  $F_{yд}$  і бокової реакції  $R_y$

Схема враховує: пружні і демпфуючі характеристики елементів підвіски ( $C_{yд}$  і  $K_{yд}$ ) і шини ( $C_y$  і  $K_{sy}$ ), масу колеса  $m_k$  і елементарну масу еластичною шини  $m_s$  в околиці плями контакту, бічну реакцію  $R_y$ , діючу від опорної поверхні на

шину, а також зовнішню силу  $F_{YД}$ , діючу від підресореної маси на елементи підвіски.

На підставі розрахункової схеми (рис. 2.3) було складено рівняння динамічної рівноваги даної системи, з використанням принципу Даламбера, яка записана у вигляді:

$$\begin{aligned} R_Y - C_Y \cdot (y_s - y_k) - K_{sy} \cdot (y_s - y_k) - m_s \cdot y_s &= 0 \\ C_Y \cdot (Y_s - Y_k) + K_{sy} \cdot (y_s - y_k) - C_{YД} \cdot Y_K - K_{YД} \cdot Y_k - m_k \cdot y_k &= 0, \end{aligned} \quad (2.29)$$

де:  $C_Y$  – динамічна бокова жорсткість шини, [Н];

$K_{SY}$  – коефіцієнт демпфування шини, [Н·м/с];

$C_{YД}$  – жорсткість направляючих елементів підвіски, [Н];

$K_{YД}$  – коефіцієнт демпфування направляючих елементів підвіски, [Н·м/с];

$m_K$  – маса колеса з еластичною шиною, [кг];

$m_s$  – маса еластичної шини, в окрузі п'ятна контакту з опорною поверхнею, [кг].

Динамічну жорсткість шини  $C_Y$  визначимо по формулі [25]:

$$C_Y = \frac{C_{SY}}{l_r}, \quad (2.30)$$

де:  $C_{SY}$  – Коефіцієнт опору боковому проковзуванню, [Н];

$l_r$  – довжина релаксації шини, [м].

Рішення рівнянь системи рівнянь (2.21), щодо старших похідних дозволяє отримувати швидкості і переміщення плями контакту шини і обода колеса в бічному напрямку в  $i$ -ий момент часу. Швидкість зміщення плями контакту шини в бічному напрямку будемо розраховувати на основі рівняння виду:

$$y_{Si} = y_{Si-1} + y_{Si} \cdot dt. \quad (2.31)$$

Зміщення пятна контакту шини вздовж осі ОУ:

$$y_{Si} = y_{Si-1} + y_{Si} \cdot dt. \quad (2.32)$$

Швидкість зміщення центра обода колеса вздовж осі ОУ:

$$\dot{y}_{Ki} = \dot{y}_{Ki-1} + \dot{y}_{Ki} \cdot dt. \quad (2.33)$$

Зміщення центра ободу колеса вздовж осі ОУ:

$$y_{Ki} = y_{Ki-1} + \dot{y}_{Ki} \cdot dt. \quad (2.34)$$

Бокову силу, діючу на колесо від підресореної маси, розрахуємо по формулі:

$$F_{yД} = C_{yД} \cdot y_K - K_{yД} \cdot y_K. \quad (2.35)$$

### 2.3 Алгоритм розрахунку вихідних параметрів системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса»

Для аналітичного дослідження процесу формування бічних реакцій між еластичною шиною і опорною поверхнею при переїзді колесом, що рухаються з кутами відведення, одиничної нерівності був розроблений алгоритм розрахунку. Алгоритм передбачає наступні процедури:

1. Введення вихідних даних елементів системи «Опорна поверхня – Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса»;
2. Розрахунок початкових умов (початкових переміщень і швидкостей переміщень непідресореної і підресореною мас, а також колеса з еластичною шиною, маси шини в околиці плями контакту, статичного прогину шини,

статичного прогину пружних елементів підвіски, статичної нормальної реакції і т.д.); Виконання розрахунків з кроком інтегрування  $dt = 0,001$  с;

3. Розрахунок пройденого колесом шляху  $L$ ;
4. Розрахунок по функції згладжування  $q$
5. Розрахунок сили опору гасильного елемента підвіски  $F_{д}$ ;
6. Розрахунок кінематичних параметрів підресореної і непідресореної мас  $h, \dot{h}, \xi, \dot{\xi}$ ;
7. Розрахунок нормальної реакції, діючої від опорної поверхні на шину  $R_Z$ ;
8. Розрахунок бокового проковзування шини  $S_Y$ ;
9. Розрахунок коефіцієнтів  $a$  і  $b$ , характеризуючих протікання нормованої функції проковзування  $f(S)$ ;
10. Розрахунок бокової реакції  $R_Y$ , діючої від опорної поверхні на шину;
11. Розрахунок кінематичних параметрів  $y_s, \dot{y}_s, y_k, \dot{y}_k$  елементарної маси шини від кола пята контакту і колеса;
12. Розрахунок нормальної  $R_{ZД}$  і бокової  $R_{YД}$  реакцій, діючих від непідресореної маси на підресорену;
13. Виведення результатів розрахунку в вигляді графіків залежностей  $R_{ZД}=f(L), F_{YД}=f(L), R_Z =f(L), R_{ZД} =f(L)$  в виді графіків на комп'ютер.

Розроблений алгоритм встановлює послідовність розрахунку вихідних параметрів системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса».

2.4 Контроль технічного стану гасильних елементів підвіски АТЗ із забезпечення здатності шин створювати бічні реакції

Змінними параметрами системи «Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса» з метою діагностування гасильного елемента підвіски, є:

- Вага, що припадає на колесо  $G_K$ ;
- Геометричні параметри одиначної нерівності: висота  $q_0$  і довжина  $l_0$ ;



- Швидкість поступального руху колеса  $V_X$ ;
- Кут відведення шини  $\delta$ , з яким рухається колесо.

Оптимальні геометричні параметри  $q_0$  і  $l$  одиничної нерівності потрібно вибирати із наступних умов:

1. Тестова дія на колесо, при його наїзді на нерівність з заданим значенням висоти  $q_0$ , не повинна руйнувати шину, тобто не повинна створювати в ній напруги  $[\sigma_p]$ , що перевищують його допустимі значення, встановлені заводом-виробником шини, тобто  $\sigma_p \leq [\sigma_p]$ ;

2. Значення довжини  $l$  одиничної нерівності має бути кратно менше довжини  $a_{нк}$  плями контакту шини з опорною поверхнею, інакше силовий вплив з боку дороги буде не достатнім для збудження коливань невідвісоленої і відвісоленої мас, тобто  $l < a_{нк}$ ;

В процесі оптимізації швидкості  $V_X$  кочення колеса необхідно враховувати три фактори.

По-перше, зі збільшенням швидкості  $V_X$  зростає ударне навантаження на шину при її наїзді на одиничну перешкоду. Можливий режим, при якому буде порушено умова  $\sigma_p \leq [\sigma_p]$ , що призведе до руйнування шини або окремих її елементів.

По-друге, зі збільшенням швидкості  $V_X$  знижується здатність шини до створення бічних реакцій.

По-третє, необхідно враховувати, що швидкість  $V_X$  сильно впливає на згладжуючу і поглинаючу здатності еластичних шин.

Тому оптимізація швидкості  $V_X$  повинна вестися так, щоб в процесі переїзду колесом одиничної нерівності були забезпечені:

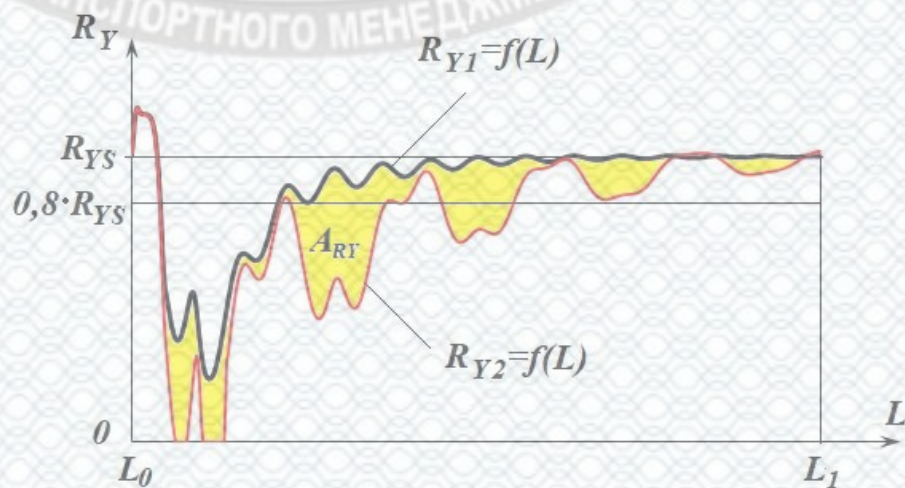
- достатня рівноваги вплив на колесо з найбільшими амплітудами коливань невідвісоленої маси;
- принцип неруйнівного контролю (гасильного елемента підвіски, колеса, шини);

Оптимізація кута відведення шини  $\delta$ , з одного боку, повинна забезпечити достатньо велику бічну реакцію  $R_Y$  і при цьому знаходиться в зоні «чистого відведення» (відведення без бокового ковзання, коли немає зриву плями контакту шини), коли між бічною силою і кутом відведення шини має місце лінійна залежність [27].

Здатність шин створювати бічні реакції  $R_Y$  в процесі коливань невіднесеної маси, викликаних переїздом колесом, що рухаються з кутом відведення через одиничну нерівність, можна оцінювати за допомогою показника, що характеризує втрату корисної роботи, виконаної бічною реакцією  $R_Y$  шини, пов'язану з погіршенням технічного стану гасильного елемента підвіски.

Корисна робота бічної реакції  $R_Y$  шини може бути визначена як добуток середнього значення бічних реакцій, реалізованих в плямі її контакту з опорною поверхнею на шляху, пройдену колесом від моменту його наїзду на одиничну нерівність  $L_0$  до заданого значення  $L_1$ .

На рисунку 2.4 представлені графіки, що ілюструють втрату корисної роботи бічної реакції  $R_Y$  шини при зміні технічного стану гасильного елемента підвіски .



$R_{Y1}=f(L)$  - з роботоздатним гасильний елемент підвіски ом;  $R_{Y2}=f(L)$  з роботоздатним гасильний елемент підвіски ом

Рисунок 2.4 - Графіки зміни бокових реакцій  $R_Y$  в процесі коливань невіднесеної маси, викликаних переїздом колесом, яке рухається з кутом відводу через одиничну нерівність

Корисна робота  $A_{RY1}$  бічної реакції  $R_Y$  шини в процесі коливань невідвешеної маси, викликаних переїздом колесом, що рухаються з кутом відведення через одиничну нерівність з працездатним гасильний елемент підвіски ом, буде пропорційна площі, під графіком функції  $R_{Y1} = f(L)$ . Величину цієї корисної роботи  $A_{RY1}$  визначимо за формулою:

$$A_{RY1} = \int_{L_0}^{L_1} R_{Y1}(L) \cdot dL, \quad (2.36)$$

Корисна робота, виконана боковою реакцією  $R_Y$  шини з непрацездатним гасильний елемент підвіски ом пропорційна площі, під графіком функції  $R_{Y2} = f(L)$ :

$$A_{RY2} = \int_{L_0}^{L_2} R_{Y2}(L) \cdot dL, \quad (2.37)$$

Як наслідок, втрату корисної  $\Delta A$  роботи бокової реакції  $R_Y$  шини, викликану зниженням демпфуючих властивостей гасильного елемента підвіски, можна визначити, як різницю площ під графіками функції  $R_{Y1} = f(L)$  і  $R_{Y2} = f(L)$ :

$$\Delta A = A_{RY1} - A_{RY2}, \quad (2.38)$$

На графіках (рис. 2.4) видно, що робота бокової реакції на пройденому колесом шляху від моменту наїзду на одиничну нерівність, при зниженні роботоздатності гасильного елемента підвіски, знижується. Що викликано зниженням стабільності пятна контакту шини з опорною поверхнею і її боковою реакції  $R_Y$ .

Стабільним бокове зчеплення шини з опорною поверхнею будемо рахувати тоді, коли реалізована бокова реакція  $R_Y$ , приймає значення не менше 80% від встановленого значення бокової реакції  $R_{Ys}$ .

Кількісним показником, характеризуючим здатність шин створювати бокові реакції, можуть бути відносна величина  $\lambda_L$ , яка відображає збільшення

шляху, пройденого колесом при нестабільному боковому зчепленні шини в пятні контакту з опорною поверхнею.

Цей параметр  $\lambda_L$  названий коефіцієнтом зниження бокової реакції шини при дії на неї змінного нормального навантаження  $R_Z$ , %:

$$\lambda_L = \frac{L_{80}}{L_k} \cdot 100\%, \quad (2.39)$$

де  $L_{80}$  – шлях, пройдений колесом, з кутом відводу, при значенні реалізованою боковою реакції  $R_Y$  на рівні 80% і менше, від встановленого значення бокової реакції  $R_{Ys}$ , на заданій ділянці шляху  $L_K$  від моменту наїзду колесом на одиничну.

Розрахунок пройденого шиною шляху  $L_{80}$  виконується виходячи з умови:

$$\text{якщо } R_{y_i} > R_{ys} \cdot 80\%, \text{ то } L_{80} = \sum V_x \cdot dt, \quad (2.40)$$

Віднесення контрольованого гасильного елемента підвіски до одного із можливих рівнів технічного стану, будемо виконувати на основі коефіцієнта  $\lambda_L$ . Для цього необхідні його нормативні значення  $[\lambda_L]$ .

Нормативні значення  $[\lambda_L]$  коефіцієнта зниження бокової реакції шини доцільно визначати на основі його залежності  $\lambda_L=f(\chi)$  від параметра технічного стану гасильного елемента підвіски. Залежність  $\lambda_L=f(\chi)$  можна встановлювати, як по розрахунковим, так і по експериментальним значенням бокових реакцій  $R_Y$ , діючих на еластичну шину при переїзді колесом, яке рухається з заданим кутом відводу, одиничної нерівності.

Технічний стан гасильного елемента підвіски будемо ідентифікувати за трьома рівнями їх працездатності:

До 1 рівня працездатності віднесемо повністю працездатні і справні гасильні елементи підвіски, які забезпечують максимально можливе зчеплення шини з опорною поверхнею;

До 2 рівня працездатності віднесемо гасильні елементи підвіски , які працюють менш ефективно, але їх застосування в умовах експлуатації АТЗ ще допустимо;

До 3 рівня працездатності віднесемо гасильні елементи підвіски , технічний стан яких не забезпечує достатнє зчеплення плями контакту шини з опорною поверхнею, і їх будемо ідентифікувати як несправні.

Значення показників працездатності гасильного елемента підвіски  $\chi_1$  і  $\chi_2$  визначають діапазон технічних станів гасильних елементів підвіски , в якому вони ще забезпечують стійкість АТЗ і знаходження його в коридорі руху на сухому асфальтобетонному покритті  $\varphi_{Ymax} \geq 0,8$ .

Як додатковий критерій оцінки стійкості АТЗ приймемо його вихід з коридору руху шириною 3 метри, при його русі з постійною швидкістю по колу і впливом з боку дороги. Для цього доцільно використовувати результати дослідження вчених ВСГУТУ і ІРНТУ [23]. Це дозволило встановити граничні значення у вигляді нормативів  $[\lambda_{L1}]$  і  $[\lambda_{L2}]$ .

Нормативне значення коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $[\lambda_{L1}]$  встановлено з умови, що при  $\lambda_L \leq [\lambda_{L1}]$  гасильні елементи підвіски забезпечують знаходження АТЗ, в межах коридору руху навіть на мокрому асфальті, тобто при  $\varphi_{Ymax} \geq 0,6$ . Таким чином, гасильні елементи підвіски , технічний стан яких знаходиться в межах  $\lambda_L \leq [\lambda_{L1}]$  слід віднести до 1 рівня.

Нормативне значення коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $[\lambda_{L2}]$  встановлено з умови, що при  $\lambda_L > [\lambda_{L2}]$  гасильні елементи підвіски не забезпечують знаходження АТЗ, в межах коридору руху навіть на сухому асфальті, тобто при  $\varphi_{Ymax} \geq 0,8$ . Таким чином, гасильні елементи підвіски , технічний стан яких знаходиться в межах  $\lambda_L > [\lambda_{L2}]$  слід віднести до 3 рівня працездатності, тобто ідентифікувати як несправні.

Гасильні елементи підвіски , технічний стан яких знаходиться в межах  $[\lambda_{L1}] < \lambda_L \leq [\lambda_{L2}]$  слід віднести до 2 рівня працездатності, оскільки вони забезпечують стійкість АТЗ в тестовому режимі тільки на сухому асфальті, тобто при  $\varphi_{Ymax} \geq 0,8$ .

Вищевикладені нормативні значення коефіцієнта  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини  $[\lambda_{L1}]$  і  $[\lambda_{L2}]$  можуть бути використані в розробленій методиці діагностування гасильних елементів підвіски.

## 2.5 Висновки до розділу 2

Представлений матеріал дозволяє зробити наступні висновки:

1. Розроблена структурна схема та математична модель системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», дозволяє проводити аналітичне дослідження процесу формування бічних реакцій, що діють від опорної поверхні на еластичну шину і при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності. Модель враховує зміну технічного стану гасильних елементів підвіски в умовах експлуатації. Вона описує процеси зміни бічних реакцій, що діють в зоні контакту еластичної шини з плоскою опорною поверхнею при закритичних кутах відведення.

2. Розроблені теоретичні передумови діагностування та робочих характеристик телескопічних гасильних елементів підвіски підвіски АТЗ в умовах експлуатації, враховують зміну бічних реакцій в зоні контакту еластичної шини з опорною поверхнею при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності.

3. Науково обґрунтований коефіцієнт  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини і його нормативні значення  $[\lambda_{L1}]$  і  $[\lambda_{L2}]$  дозволяють виконувати кількісну оцінку впливу технічного стану гасильного елемента підвіски на здатність шин створювати бічні реакції в процесі коливань безпружинних мас. Коефіцієнт  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини змінюється в результаті зниження роботи  $\Delta A$ , виконуваної бічною реакцією  $R_Y$  шини при її русі з відведенням і переїзді через одиничну нерівність, при зниженні працездатності гасильного елемента підвіски і його демпфуючих властивостей.

## РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАСИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

### 3.1 Методика експериментального дослідження робочих характеристик гасильних елементів підвіски при зміні їх технічного стану

Гасильний елемент підвіски є елементом демпфування підвіски і виконує функцію гасіння коливань підресорених та невідресорених мас. Рішення поставленого в роботі завдання не мислимо без визначення ступеня працездатності гасильних елементів підвіски.

Найбільш відомі способи визначення технічного стану гасильних елементів підвіски передбачають використовувати такі залежності:

- сили  $F_D$  опору, які створюються гасильний елемент підвіски ом від відстані, яку проходить його поршень при стисканні та відбої,
- сили  $F_D$  опору, які створюються гасильний елемент підвіски ом від швидкості  $V_A$  переміщення його поршня під час стиснення та відбою.

Аналіз методів контролю працездатності гасильних елементів підвіски проведений у першому розділі, дозволяє дійти невтішного висновку у тому, що отримання даних залежностей прийнято проводити випробування демонтованого з ТЗ гасильного елемента підвіски на спеціальних стендах.

У разі експлуатації використання цього методу утруднено тим, що отримані під час випробування характеристики гасильних елементів підвіски необхідно порівнювати зі своїми нормативними значеннями. Але це не завжди є можливим.

В умовах експлуатації ТЗ, для виявлення функціональних залежностей, які відображають вплив технічного стану гасильних елементів підвіски на стійкість руху ТЗ, необхідно проводити дослідження абсолютно нових, повністю справних гасильних елементів підвіски, гасильних елементів підвіски, які були в експлуатації, але не втратили свою працездатність і гасильних елементів підвіски, які втратили свою працездатність.

Для оцінки технічного стану гасильних елементів підвіски, які знаходяться в експлуатації, була розроблена методика їх експериментального дослідження з визначенням функціональних залежностей сили опору  $F_D$  гасильного елемента підвіски від швидкості переміщення його поршня  $V_A$ .

Дана методика дозволяє проводити аналіз процесів зміни характеристик гасильних елементів підвіски за зміни їх технічного стану в умовах експлуатації.

Підготовчі операції.

Перед проведенням дослідження спрямованого на отримання робочих характеристик гасильних елементів підвіски необхідно підготувати устаткування й випробувати гасильні елементи підвіски.

Підготовка обладнання для проведення експериментальних досліджень гасильного елемента підвіски включає:

1. Візуальний огляд стану з метою виявлення сторонніх предметів, які перешкоджають руху його робочих органів;
2. Увімкнення систем вимірювання стану та прогрів їх.

Підготовка гасильного елемента підвіски до проведення експериментальних досліджень містить такі пункти:

1. Видалення забруднень з корпусу гасильного елемента підвіски;
2. Візуальний огляд гасильного елемента підвіски для виявлення механічних ушкоджень. Експериментальне дослідження гасильного елемента підвіски неможливе при пошкодженні корпусу робочого циліндра у вигляді вм'ятин та отворів, вигин та заклинювання штока;
3. Встановити гасильний елемент підвіски на стенд.

Завдання тестових режимів на випробуваний гасильний елемент підвіски .

Режим тестового впливу на випробуваний гасильний елемент підвіски , визначення його робочої характеристики, визначається дорожніми умовами експериментального дослідження процесу руху ТЗ по колу з переїздом одиничної нерівності.

Для цих умов оптимальний режим тестового впливу на випробуваний гасильний елемент підвіски за швидкістю переміщення поршня знаходиться в



діапазоні від 0 до 0,6 м/с, а по відстані, яку проходить його поршень при стисненні і відбої - становить  $\pm 0,025 \div 0,030$  м, тобто вгору та вниз від середнього становища.

Для запобігання впливу зміни температури робочої рідини гасильного елемента підвіски на результати дослідження час його безперервної роботи  $t$  обмежений величиною 15 секунд. Температури навколишнього середовища  $t_{nc}$  і гасильного елемента підвіски повинні бути не нижчі  $15^{\circ}\text{C}$  не вище  $25^{\circ}\text{C}$ .

Вимірювання параметрів робочого процесу гасильного елемента підвіски

Експериментальне дослідження з метою отримання робочих характеристик гасильних елементів підвіски передбачає безперервне вимірювання контрольованих параметрів протягом кількох циклів їх роботи на стиснення та відбій.

Експериментальні дослідження проводили з метою визначення функціональних залежностей сили опору гасильних елементів підвіски  $F_0$  від швидкості переміщення його поршня щодо циліндра  $V_A$  і їх технічного стану, який оцінює показник  $\chi$ .

Для цього використовували чотири гасильні елементи підвіски передньої підвіски АТЗ категорії  $M_1$  марки  $FoMoCo$  (рис. 3.1.): Один новий, повністю працездатний №1 і три гасильні елементи підвіски які раніше перебували в умовах експлуатації АТЗ №2, №3 і №4 з різним ступенем працездатності.

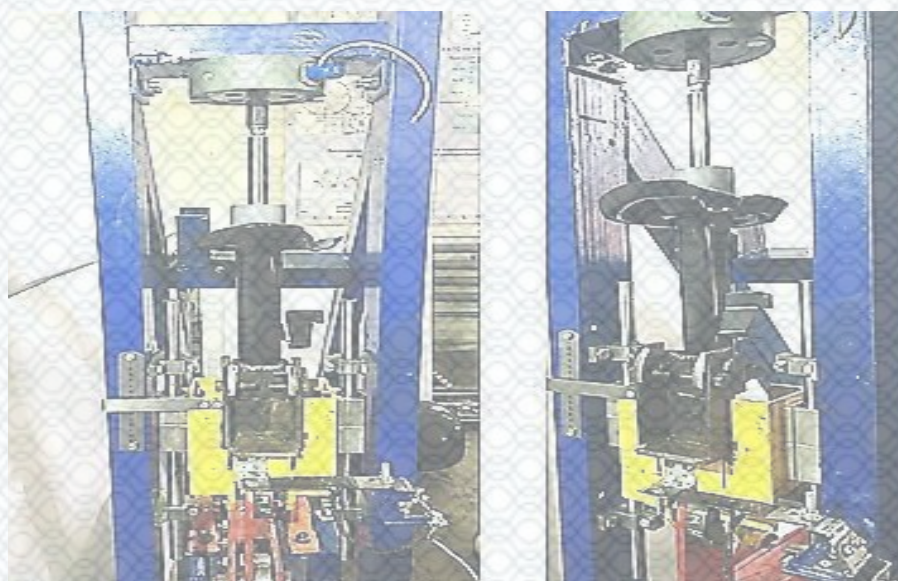


Рисунок 3.1 - Гасильний елемент підвіски марки  $FoMoCo$  передньої підвіски  $Ford Focus 2$ , встановлений на динамометричному стенді

Перед проведенням експериментальних досліджень була виконана підготовка обладнання і випробуваннях гасильних елементів підвіски.

У процесі досліджень робочих характеристик гасильних елементів підвіски на стенді отримані осцилограми, на яких були виділені інформативні ділянки.

Це ділянка часу  $T$ , на якому гасильний елемент підвіски виконує повний робочий цикл на ході стиснення і відбою в заданому тестовою дією діапазоні переміщень його поршня. Для прикладу, на рисунку 3.2. представлені осцилограми, отримані при проведенні експериментального дослідження робочих характеристик гасильного елемента підвіски №1.

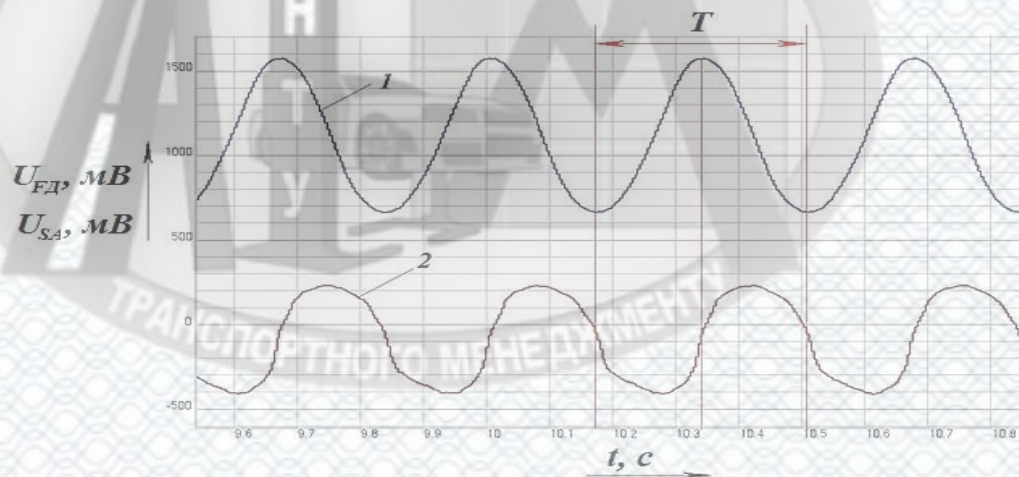


Рисунок 3.2 - Осцилограми робочого процесу гасильного елемента підвіски №1 при ході стиснення і відбою

Аналогічно були отримані графіки робочих характеристик всіх гасильних елементів підвіски (рис. 3.3).

Значення вихідних напруг сигналів вимірювальних систем на виділених ділянках осцилограм експортували в середовище Microsoft Excel і склали з них масив. Далі за допомогою рівнянь отриманих в результаті тарування систем вимірювання стенда, сигнали систем вимірювання були переведені в реальні фізичні величини (сили опорів  $F_d$  і переміщення поршня  $S_A$  гасильного елемента підвіски) Продиференціювавши отримані значення переміщень  $S_A$  поршня

гасильного елемента підвіски, були знайдені швидкості  $V_A$  переміщень його поршня.

За отриманими графіками, використовуючи відомі методи апроксимації, для кожного з гасильних елементів підвіски, були визначені функціональні залежності  $F_d = f(V_A)$  у вигляді кусково-лінійних функцій і зведені в таблицю 3.1.

Потім за виявленими функціональними залежностями для кожного гасильного елемента підвіски, були визначені значення показника  $\chi$  технічного стану (див. Таблицю 3.1).

Графіки робочих процесів показують, що гасильні елементи підвіски №2, №3 і №4 мають характер роботи відмінний один від одного і від нового працездатного гасильного елемента підвіски №1. Відзначено, що гасильні елементи підвіски, що раніше знаходилися в експлуатації, мають меншу демпфуючу здатність, ніж новий гасильний елемент підвіски, і меншу здатність забезпечувати контакт шини з дорогою.

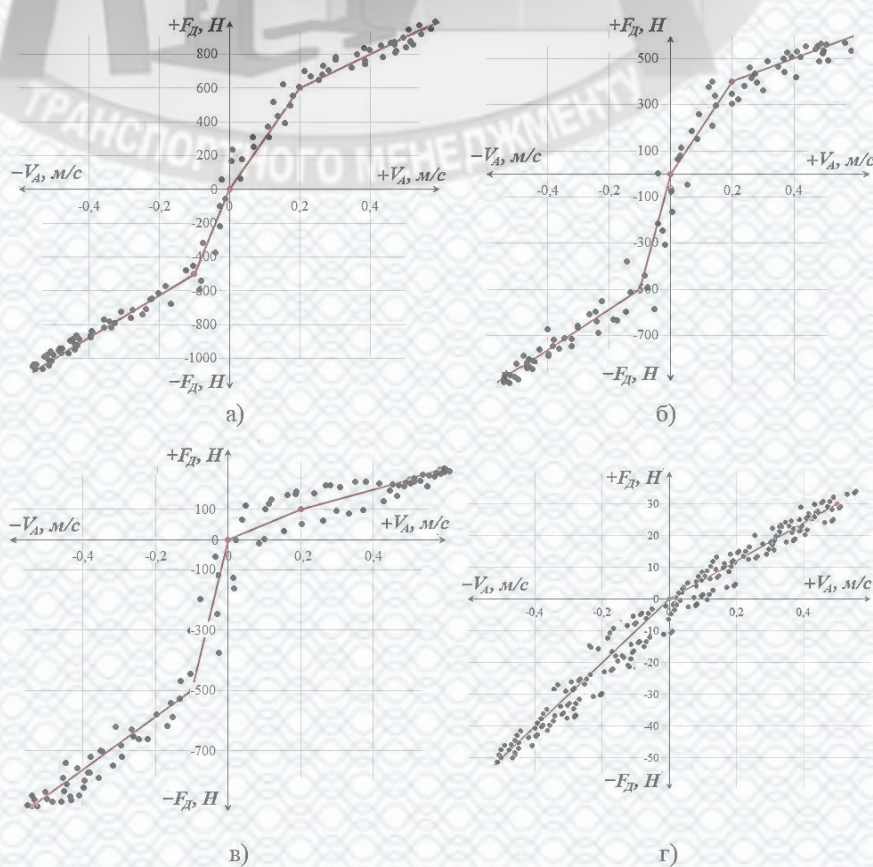


Рисунок 3.3 - Робочі характеристики гасильних елементів підвіски : а) №1; б) №2; в) №3; г) №4

Таблиця 3.1 - Функціональні залежності робочих характеристик гасильних елементів підвіски, прийнятих для проведення пошукового експерименту і значення їх показників  $\chi$  технічного стану.

Номер гасильного елемента підвіски	Виявлена функціональна залежність	Показник $\chi$ технічного стану гасильного елемента підвіски, %
№1	$F_{Д№1} = \begin{cases} 1226,8 \cdot V_A - 376,32, & V_A < -0,1 \\ 5000 \cdot V_A, & -0,1 \leq V_A < 0 \\ 3000 \cdot V_A, & 0 \leq V_A < 0,2 \\ 781,25 \cdot V_A - 443,75, & V_A \geq 0,2 \end{cases}$	100
№2	$F_{Д№2} = \begin{cases} 875 \cdot V_A - 402,48, & V_A < -0,1 \\ 4900 \cdot V_A, & -0,1 \leq V_A < 0 \\ 2050 \cdot V_A, & 0 \leq V_A < 0,2 \\ 481,28 \cdot V_A + 325,24, & V_A \geq 0,2 \end{cases}$	76
№3	$F_{Д№3} = \begin{cases} 875 \cdot V_A - 502,48, & V_A < -0,1 \\ 3998 \cdot V_A, & -0,1 \leq V_A < 0 \\ 1001,5 \cdot V_A, & 0 \leq V_A < 0,2 \\ 333,3 \cdot V_A + 60,21, & V_A \geq 0,2 \end{cases}$	54,6
№4	$F_{Д№4} = \begin{cases} 112,2 \cdot V_A, & V_A < 0 \\ 66,8 \cdot V_A, & 0 \leq V_A \end{cases}$	6

Отримані в результаті проведення експериментального дослідження функціональні залежності (див. Таблицю 3.1) використовували при розрахунку параметрів системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», в процесі перевірки адекватності математичної моделі.

Коректність результатів виконуваних вимірювань великою мірою залежить від якості сигналу. Заходи, спрямовані на покращення якості сигналу передбачають:

1. Зниження перешкод і шумів, які впливають на якість вихідних сигналів до мінімально можливих;
2. Посилення вихідних сигналів;
3. Виділення на осцилограмі областей, які характеризують роботу гасильного елемента підвіски під час стиснення та відбою.

Обробка сигналів, які від системи вимірювання динамометричного стенду,

проводиться на програмному рівні. Швидкість переміщення поршня знаходиться шляхом диференціювання, пройденої ним відстані за одиницю часу.

### 3.2 Обґрунтування вимог до тестового впливу на випробуваний гасильний елемент підвіски

Вибір режиму тестового впливу на гасильний елемент підвіски, значною мірою визначає коректність визначення його працездатності.

Тестовий режим для визначення робочої характеристики гасильного елемента підвіски полягає:

- в оптимізації частоти обертання двигуна, яка забезпечує оптимальну швидкість переміщення поршня досліджуваного гасильного елемента підвіски  $V_A$ ;
- в оптимізації параметрів кривошипно-шатунного механізму для завдання необхідного діапазону переміщення поршня гасильного елемента підвіски  $S_A$  та підведення до випробуваного гасильного елемента підвіски достатньої зусилля та потужності для подолання його опору;

У нашому випадку параметри тестового режиму впливу на випробувані гасильні елементи підвіски в стендових умовах повинні бути узгоджені з режимами їх роботи при дослідженнях стійкості ТЗ.

Реалізація розробленої методики можлива лише з урахуванням використання устаткування. Це обладнання повинно мати можливість створювати обґрунтовані режими тестового впливу на випробуваний гасильний елемент підвіски та задовольняти низку вимог:

1. Переміщати поршень гасильного елемента підвіски, який випробовується, зі швидкостями, заданими режимом тестового впливу;
2. Мати систему, яка забезпечує регулювання швидкості обертання ротора електродвигуна;
3. Рама стенду повинна витримувати динамічні навантаження, які розвиваються гасильний елемент підвіски ом у десятикратному розмірі;

4. Мати пристосування, яке забезпечує швидке та надійне кріплення гасильного елемента підвіски до стенду;

5. На стенді повинні бути системи вимірювання сили опору гасильного елемента підвіски та переміщення поршня гасильного елемента підвіски;

6. Вимірювальні системи стенду повинні бути підключені до персонального комп'ютера із програмним забезпеченням для зберігання та обробки результатів експерименту.

3.3 Результати пошукового експерименту процесу переїзду колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності зі зміною технічного стану гасильного елемента підвіски

Пошуковий експеримент процесу переїзду колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності зі зміною технічного стану гасильного елемента підвіски проводили з метою перевірки адекватності математичної моделі системи *«Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса»*, представленої у другому розділі магістерської кваліфікаційної роботи.

Як устаткування для проведення експерименту використовували стенд, розроблений на базі шинного тестера. Зовнішній вигляд стенду рис. 3.4.



Рисунок 3.4 - Вигляд стенду, розробленого на базі шинного тестера одинична нерівність напівкруглого профіля радіусами 0,03 м і 0,04 м.

Для проведення експериментального дослідження використовували нову літню шину MICHELIN 195/95 R15 91H і чотири гасильні елементи підвіски передньої підвіски АТЗ категорії М1 марки *FoMoCo*: один новий працездатний №1 і три гасильного елемента підвіски які раніше перебували в експлуатації №2, №3 та №4.

На колесо з еластичною шиною, що рухається з кутом відведення задавали тестовий вплив, що характеризується наступними параметрами:

- кутова швидкість  $V_x$  опорної поверхні бігового барабана 3,6 м/с і 6,7 м/с;
- нормальне навантаження на колесо, що дорівнює  $R_z = 3500$  Н, оскільки вага, що припадає на передню вісь АТЗ категорії М1 в спорядженому стані, приблизно дорівнює  $R_{z110} = 7000$ Н;
- кут відведення шини встановлювали  $3^\circ$ .

Згідно з методикою планування експериментальних досліджень було знайдено необхідну кількість експериментів для проведення дослідження: при заданій надійності  $H = 0,9$  і відносній помилці  $\delta_M = 1\%$ , визначено необхідну кількість вимірювань, рівну  $n = 4$ .

Перед проведенням експерименту були виконані підготовчі операції включають установку колеса, одиничної нерівності і гасильного елемента підвіски на стенд, а також прогрів шини та електронних вимірювальних систем стенду.

Експерименти проводили в такій послідовності:

- а) повертали колесо на кут (кут відведення  $\delta$ ) рівний  $3^\circ$ ;
- б) встановлювали нормальне навантаження на колесо рівне 3500 Н;
- в) встановлювали одиничну нерівність напівкруглого профілю радіусом 0,03;
- г) запускали привід бігового барабана з включеною I першою передачею і встановлювали кутову швидкість  $V_x$  його поверхні дорівнює 3,6 м/с;
- д) після наїзду колеса на одиничну нерівність зі сталим значенням швидкості  $V_x$  привід стенда відключали;
- е) включали II передачу, яка забезпечує кутову швидкість  $V_x$  поповерхні бігового барабана 6,7 м/с.;

ж) встановлювали наступний гасильний елемент підвіски і повторювали операції від пункту «а» до пункту «е»;

з) встановлювали одиничну нерівність напівкруглого профілю радіусом 0,04 і повторювали операції від пункту «а» до пункту «ж».

В процесі експерименту проводили вимірювання і реєстрацію параметрів, які контролюються, тобто бічний  $R_{YD}$  і нормальної  $R_{ZD}$  реакцій, що діють від невіднесеної маси на віднесено. В результаті в програмному середовищі Zetlab були отримані осцилограми і значення вихідних сигналів  $U_{RYD}$  і  $U_{RZD}$  вимірювальних електронних систем стенду. Як приклад на рисунку 3.13 представлена осцилограма, отримана в процесі переїзду колесом, що рухаються з кутом відведення еластичною шини рівним  $3^\circ$ , через одиничну нерівність напівкруглого профілю радіусом 0,04 м з гасильний елемент підвіски ом №1 (кутова швидкість опорної поверхні бігового барабана  $V_X = 3,6$  м / с).

На отриманих осцилограмах виділяли інформативні ділянки. В даному випадку цей час  $t_L$ , за яке колесо проходить шлях, від моменту наїзду шини на одиничну нерівність, рівний 5 метрам. Вихідні сигнали  $U_{RYD}$  і  $U_{RZD}$  вимірювальних систем стенду експортували в середовище Microsoft Excel.

Використовуючи формули отримані в результаті тарування, значення напруг були переведені в реальні фізичні величини бічної  $R_{YD}$  і нормальної  $R_{ZD}$  реакцій. Час в момент наїзду колеса на одиничну нерівність взяли рівним нулю. З отриманих в середовищі Microsoft Excel значень був створений масив за яким були побудовані графіки функціональних залежностей  $R_{YD} = F(t)$  і  $R_{ZD} = f(t)$  (див. Рис. 3.5).

У процесі проведення експерименту з'ясувалося, що при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення  $\delta = 3^\circ$ , зі швидкістю бігового барабана рівною  $V_X = 6,7$  м/с, одиничної нерівності напівкруглого профілю радіусом 0,03 м при технічному стані гасильного елемента підвіски №4 ( $\chi = 6\%$ ), довжина кола бігового барабана діаметром 1,8 м, не достатня для того щоб бічна реакція  $R_{YD}$  досягала сталого значення  $R_{YS}$ . Тобто силовий вплив одиничної нерівності на колесо було в той момент, коли шина здійснювала коливання в бічному напрямку - що згубно впливало на точність результатів експерименту. Тому подальші дослідження в



даному швидкісному режимі проводити не стали, а для перевірки адекватності моделі розглядали значення бічні реакції  $R_{YD}$  в процесі переїзду колеса через одиничну нерівність з гасильного елемента підвіски ми №1, №2 та №3.

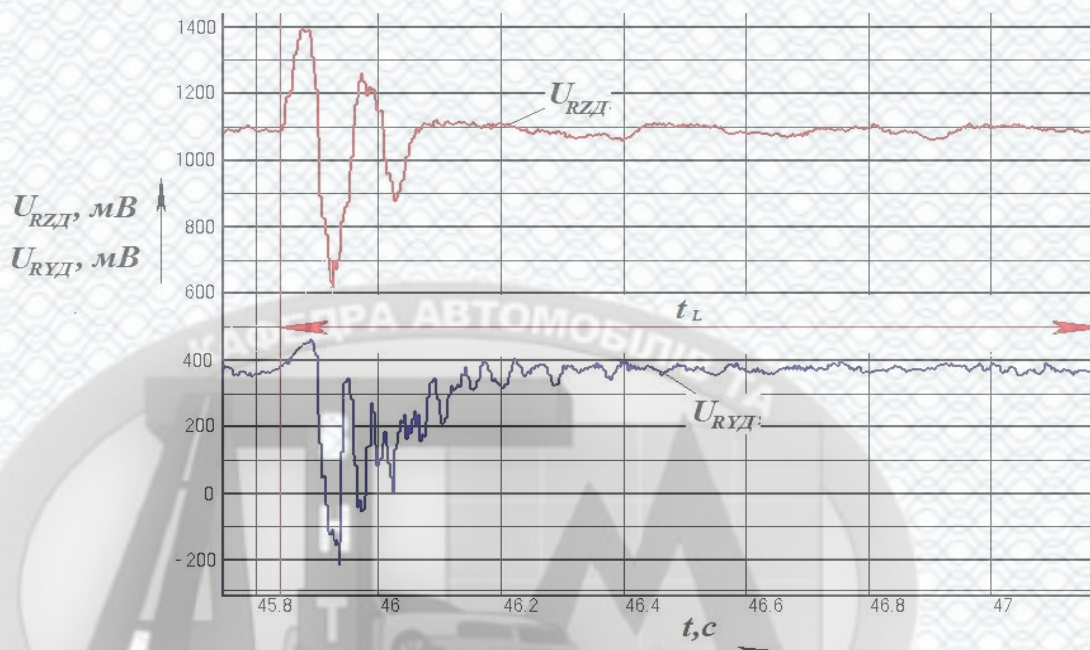
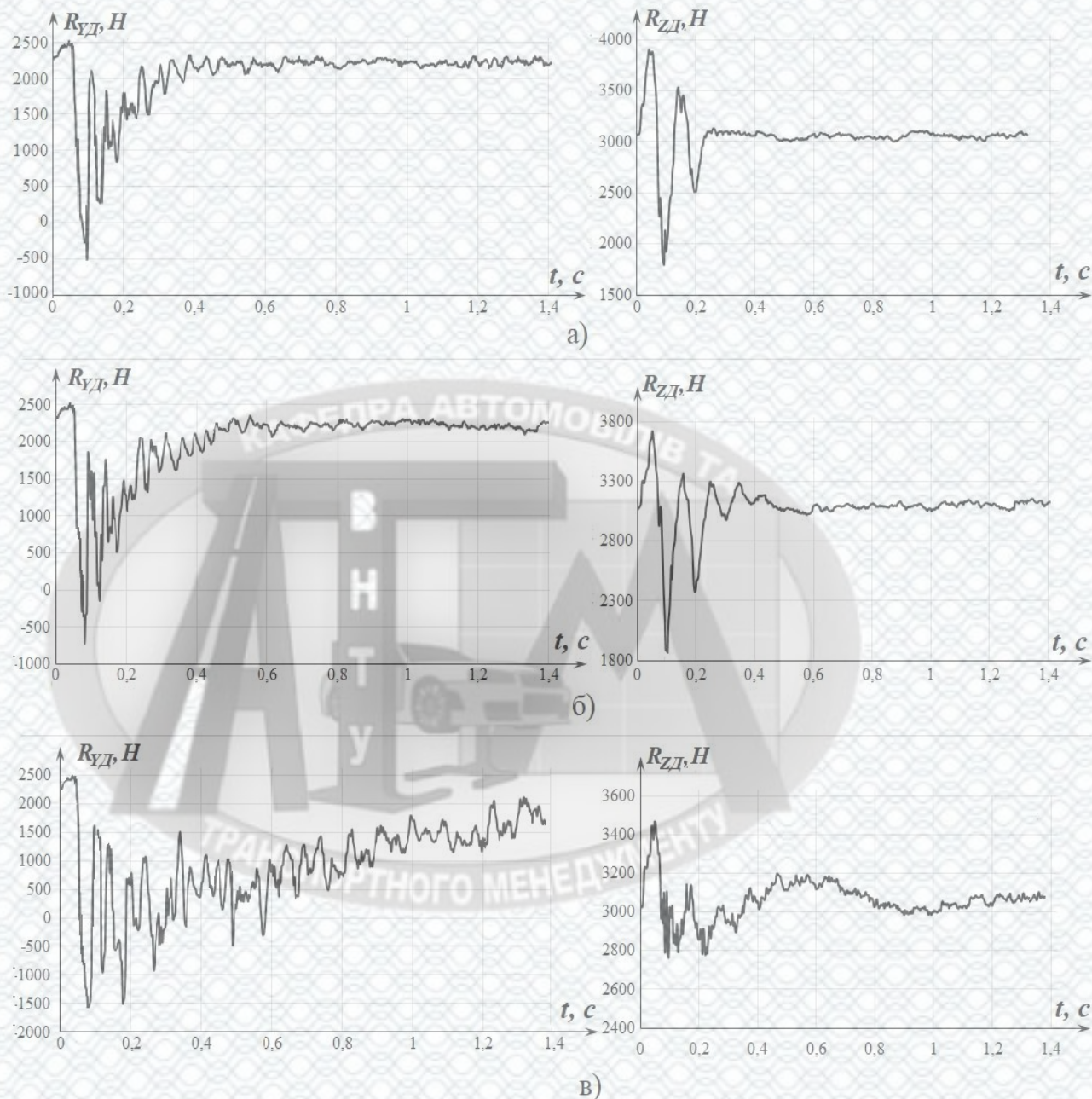


Рисунок 3.5 - Осцилограма процесу переїзду колесом з шиною MICHELIN 195/95 R15 91H, які рухаються з кутом відведення  $3^\circ$ , через одиничну нерівність напівкруглого профіля радіусом  $0,04$  м, з гасильний елемент підвіски ом №1: кутова швидкість поверхні бігового барабана  $V_x = 3,6$  м/с.

Оброблені графіки залежностей  $R_{YD} = f(t)$  і  $R_{ZD} = f(t)$ , отримані в результаті пошукового експерименту при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення  $\delta = 3^\circ$ , одиничних нерівностей напівкруглого профілю радіусами  $0,04$  м зі швидкістю  $V_x = 3,6$  м / с, при змінах технічного стану гасильного елемента підвіски, показані на рисунку 3.6. Аналіз графіків, зображених на рисунку 3.6 показує, що при зниженні технічного стану гасильного елемента підвіски (показника  $\chi$ ) амплітуди коливання нормальної реакції  $R_{ZD}$ , що діє від невіднесеної маси на піднесеному, зменшуються. Це пов'язано з тим, що гасильний елемент підвіски при зниженні демпфуючих властивостей в меншій мірі знижує опір коливань колісного вузла. Це призводить до зниження нормальної реакції  $R_Z$  і як наслідок, до зниження бічної реакції  $R_Y$ , реалізованої в плямі контакту шини з опорною поверхнею.



а)  $\chi = 100\%$ ; б)  $\chi = 54,6\%$ ; в)  $\chi = 6\%$ .

Рисунок 3.6 - Графіки бокових  $R_{yД}$  і нормальних  $R_{zД}$  реакцій, при переїзді колесом, яке рухається з кутом відведення  $3^\circ$ , через одиничну нерівність напівкруглого профіля, радіусом  $0,04$  м з кутовою швидкістю бігового барабана  $V_{\chi} = 3,6$  м/с, при зміні технічного стану гасильного елемента підвіски

Аналіз графіків, зображених на рис. 3.6 показує, що зниження технічного стану гасильного елемента підвіски (зниження показника  $\chi$ ), викликає зростання амплітуд коливань бічної реакції  $R_{yД}$ . Як наслідок, це веде до збільшення часу і

шляху, пройденого колесом зі зниженим коефіцієнтом бічного зчеплення шини з опорною поверхнею.

Отримані в результаті пошукового експерименту графіки і числові значення бічних реакцій  $R_{yD}$  є інструментом для перевірки адекватності розробленої математичної моделі досліджуваного процесу.

Коефіцієнт  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини в результаті коливань нормального навантаження  $R_Z$  на заданій ділянці шляху  $L_K = 5$  м від моменту наїзду колесом на одиничну нерівність, розраховували за формулою (2.51).

Результати розрахунків показують:

а) при переїзді колесом одиничної нерівності радіусом 0,03 м:

- новий працездатний гасильний елемент підвіски №1 ( $\chi = 100\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 19,2\%$ ;
- гасильний елемент підвіски №2 ( $\chi = 76\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 20,1\%$ ;
- гасильний елемент підвіски №3 ( $\chi = 54,6\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 23,9\%$ ;
- гасильний елемент підвіски №4 ( $\chi = 6\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 76\%$ ;

б) при переїзді колесом одиничної нерівності радіусом 0,04 м:

- новий працездатний гасильний елемент підвіски №1 ( $\chi = 100\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 20,3\%$ ;
- гасильний елемент підвіски №2 ( $\chi = 76\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 22,2\%$ ;
- гасильний елемент підвіски №3 ( $\chi = 54,6\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 25,7\%$ ;
- гасильний елемент підвіски №4 ( $\chi = 6\%$ ) забезпечує величину коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L = 78,3\%$ .

Аналіз графіків, представлених на рис. 3.7. показує, що новий працездатний гасильний елемент підвіски здатний забезпечити величину

коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $\lambda_L$  на рівні 19,2% і 20,3% при переїзді колесом одиничної нерівності радіусами 0,03 і 0,04 м відповідно.

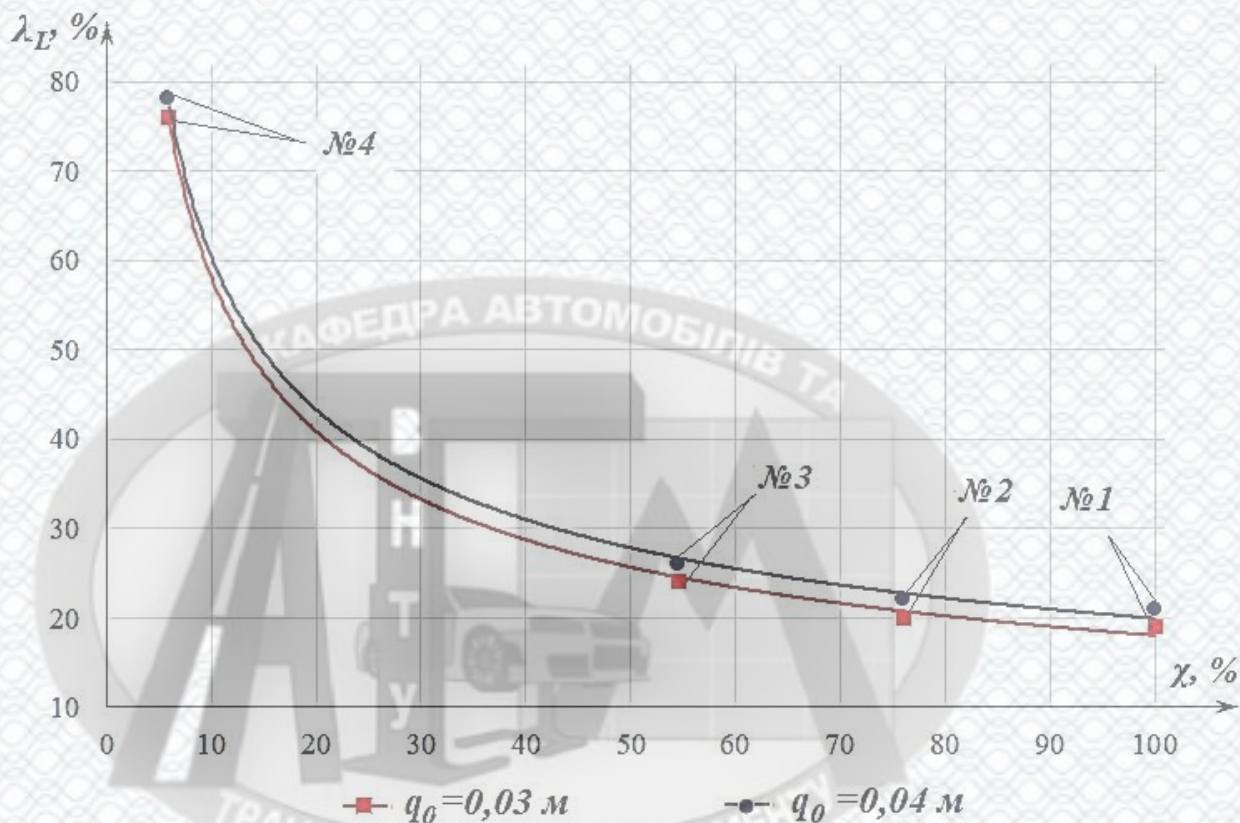


Рисунок 3.7 - Графік залежності коефіцієнта  $\lambda_L$  зниження бокової реакції шини MICHELIN 195/95 R15 91H, від технічного стану гасильного елемента підвіски  $\chi$ , отримані в процесі переїзду колесом, яке рухається з кутом відведення  $\delta=3^\circ$ , одиничної нерівності напівкруглого профілю радіусом 0,03 м зі швидкістю  $V_x=3,6$  м/с.

Зниження технічного стану гасильного елемента підвіски, супроводжуване зниженням показника  $\chi$ , веде до зниження фрикційних властивостей шини, що рухається з відведенням, в умовах збурень, викликаних коливаннями нормального навантаження на шину. При цьому коефіцієнт, що показує зниження фрикційних властивостей шини  $\lambda_L$ , зростає.

Величина показника  $\chi$  технічного стану гасильного елемента підвіски в процесі експериментального дослідження була в діапазоні від 6% до 100%.

Коефіцієнт  $\lambda_L$  визначали на підставі бічних реакцій  $R_{YD}$ , що діють від колеса на безпружину масу. Визначити бічну реакцію  $R_Y$ , діючу від опорної поверхні на шину можна на підставі розрахунків, використовуючи математичну модель, представлену у другому розділі.

### 3.4 Методика оцінки адекватності математичної моделі

Точність аналітичних розрахунків вихідних параметрів об'єкта дослідження, виконаних з використанням математичного апарату, розробленого у другому розділі, встановлюється в процесі перевірки його адекватності.

Для цього виконується порівняння дисперсій параметрів, визначених аналітичним та експериментальними методами з використанням критеріїв F-розподілу Фішера:

$$F_p = \frac{S_{AD}^2}{S_B^2}; \quad (3.14)$$

де  $S_{AD}$  – дисперсія адекватності, яка визначає ступінь відмінності аналітичних результатів від експериментальних результатів;

$S_B$  – дисперсія параметрів досліджуваного процесу.

Дисперсія адекватності визначається по формулі:

$$S_{AD}^2 = \frac{1}{N-k} \cdot \sum_{j=1}^N (x_j - x_j^p); \quad (3.15)$$

де  $N$  – кількість досліджуваних точок експериментальних характеристик;

$k$  – кількість коефіцієнтів, визначених в ході апроксимації розрахункової характеристики;

$x_j$  – значення досліджуваного параметра  $j$ -ої точки експерименту;

$x_{cp}$  – значення досліджуваного параметра  $j$ -ої точки моделі.

Дисперсія визначається з виразу:

$$S_B^2 = \frac{1}{N_B - 1} \cdot \sum_{i=1}^{N_B} (x_i - x_{cp})^2; \quad (3.16)$$

де:  $N_B$  – число виконаних експериментів, для визначення дисперсії;

$x_i$  – значення досліджуваного вихідного параметра, отримане при  $i$ -ому експерименті;

$x_{cp}$  – середнє значення параметра вихідної характеристики.

Середнє значення параметра вихідної характеристики  $x_{cp}$  визначали по формулі:

$$x_{cp} = \frac{1}{N_B} \cdot \sum_{i=1}^{N_B} x_i \quad (3.17)$$

Для порівняння критерію Фішера з табличними значеннями необхідно визначити кількість ступенів вільності  $f_1$  і  $f_2$ :

$$\begin{cases} f_1 = N_B - 1; \\ f_2 = N - k. \end{cases} \quad (3.18)$$

Встановлюючи для кожної точки характеристики рівень значимості 5%, визначають табличні значення критерію Фішера  $F(f_1; f_2; \%)$  по таблиці 3.2 і порівнюють з результатами розрахунку.

Порівняльний аналіз значень F-критерію Фішера, отриманих при перевірці адекватності розробленої математичної моделі з табличними значеннями, показує, що математична модель системи «Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса» адекватно описує процес формування шиною бічних реакцій при переїзді колесом, що рухається з кутом відведення, через одиничну нерівність.

Таблиця 3.2 - Розраховані при перевірці адекватності математичної моделі і табличні значення F-критерію Фішера

Досліджуваний гасильний елемент підвіски	Досліджуваний параметр	Розрахункове значення F-критерію Фішера	Табличне значення F-критерію Фішера
Швидкість $V_x=3,6$ м/с			
№1	$A_B$	1,86	3,59
	$A_H$	1,74	3,49
№2	$A_B$	1,35	3,59
	$A_H$	1,98	3,49
№3	$A_B$	1,94	3,59
	$A_H$	1,10	3,49
№4	$A_B$	2,24	3,86
	$A_H$	2,03	3,86
Швидкість $V_x=6,7$ м/с			
№1	$A_B$	1,86	3,35
	$A_H$	1,74	3,49
№2	$A_B$	1,35	3,59
	$A_H$	1,98	3,49
№3	$A_B$	1,94	3,59
	$A_H$	1,10	3,49

### 3.5 Результати дослідження процесу формування бічних реакцій при переїзді колесом, що рухається з кутом відведення, одиничної нерівності

Для дослідження процесу формування бічних реакцій при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності використовували розроблену математичну модель, яка успішно пройшла перевірку на адекватність.

Оперативні розрахунки виконували за розробленим алгоритмом на основі програми, складеної в середовищі «Scilab». Програма дозволяє розраховувати параметри досліджуваного процесу у вигляді масиву, в кожному  $i$ -му рядку якого розміщені значення:

- часу  $t$  досліджуваного процесу при проходженні колесом заданої ділянки шляху від моменту наїзду шини на одиничну нерівність;
- шляху  $L_K$  пройденого колесом від моменту наїзду шини на нерівність;
- бічної  $R_Y$  і нормальної  $R_Z$  реакцій, що діють від опорної поверхні на шину;

- бічної  $R_{YD}$  і нормальної  $R_{ZD}$  реакцій, що діють від колеса на безпружинну масу, і від непідресореної маси на підресорену.

Масив, що складається з значень вищевказаних параметрів був експортований в середовище Microsoft Excel, для побудови графіків, необхідних для наочного відображення робочих процесів шини при зміні технічного стану гасильних елементів підвіски .

Оптимальну нормальну навантаження, що припадає на колесо взяли рівною  $R_Z = 3580$  Н так, як вага, що припадає на передню вісь АТЗ категорії М1 в спорядженому стані, дорівнює  $R_{ZHO} = 7000$ Н. В умовах стенду нормальне навантаження  $R_Z = 3580$  Н забезпечують безпружинна маса  $m_H = 45$  кг і підресорена маса  $M_n = 45$  кг.

Оптимальне значення кута відведення  $\delta = 3^\circ$  визначили по результату експериментального дослідження характеристик шини MICHELIN 195/95 R15 91Н в режимі її стаціонарного відведення. Тобто процес роботи шини:

по-перше, перебувати в зоні «чистого відведення» (без бокового ковзання, коли немає зриву плями контакту шини) [21];

по-друге, забезпечує досить велику бічну реакцію  $R_{YS}$  (понад 60% від значення  $R_{YS\phi}$ ) і при цьому забезпечує мінімальну інтенсивність зносу шини.

Оптимальною окружною швидкістю бігового барабана стенду, як показав пошуковий експеримент процесу переїзду колесом одиначної нерівності, слід вважати швидкість рівну 3,6 м / с.

Коефіцієнт бокового опору шини  $K_{SY}$  був прийнятий рівним 150 Н·м/с, елементарна маса шини була прийнята рівною  $m_S = 2$  кг, маса колеса з колісним вузлом  $m_K = 25$  кг.

Жорсткість підвіски колісного вузла  $C_z$  прийняли рівним 23000 Н/м. Жорсткість силовимірювального датчика нормального навантаження стенду (або напрямних елементів підвіски АТЗ) задавали на рівні  $C_{YD} = 900000$  Н / м.

Профіль одиначної нерівності прийнятий напівкруглим, щоб не створювати небезпечних напруг при наїзді на неї шини. Радіуси профілю одиначної нерівності, рівні її висоті  $q_0$  варіювали від 0,03 м до 0,05 м з кроком



0,01 м. Довжину  $l$  нерівності варіювали як 0,06 м; 0,08 м; і 0,1 м. Дані геометричні параметри одиничної нерівності забезпечують шлях  $l_0$ , пройдений колесом при взаємодії шини з одиничною нерівністю 0,25 м, 0,27 м і 0,29 м.

Далі на математичній моделі був зроблений розрахунок бічних реакцій  $R_Y$ , що діють від опорної поверхні на шину, на ділянці шляху, що дорівнює  $L = 5,6$  метрам (довжина кола бігового барабана радіусом 1,8 м), пройдений колесом, з кутом відведення.

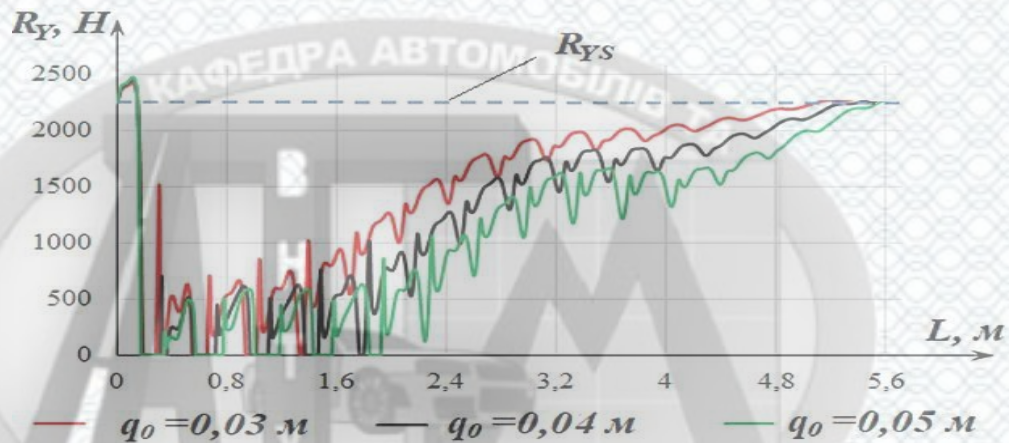


Рисунок 3.8 - Графіки зміни бокових реакцій  $R_Y$ , на ділянці шляху  $L=5,6$  м, пройденому колесом, з кутом відводу шини  $\delta=3^\circ$  від моменту наїзду шини на одиничну нерівність зі швидкістю  $V_X=3,6$  м/с при показникові технічного стану гасильного елемента підвіски  $\chi=0\%$

Коефіцієнт  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини в результаті коливань нормального навантаження визначали, як за значеннями бічної реакції  $R_Y$ , що діє від опорної поверхні на шину, так і за значеннями бічної реакції  $R_{Yd}$ . Це було зроблено для того, щоб визначити наскільки точно при контролі будуть враховані процеси формування бічних реакцій  $R_Y$  в плямі контакту шини з опорною поверхнею, які дуже складно визначити в чистому вигляді, а також для перевірки отриманих значень коефіцієнта  $\lambda_L$  в результаті проведення експерименту.

Аналізу результатів дослідження показує, що:

1. Оптимальне значення висоти одиничної нерівності напівкруглого профілю (яке може бути задане при контролі технічного стану гасильного елемента підвіски на стенді з бігових барабаном діаметром 1,8 метрів), дорівнює

$q_0 = 0,05$  метра - оскільки забезпечує найбільшу чутливість показника  $\lambda_L$  при зміні технічного стану гасильного елемента підвіски. Але в результаті було виявлено, що тестова рівновага впливу на колесо, при наїзді шини на нерівність з заданим значенням висоти 0,05 м, створює в ній напруги  $[\sigma_p]$ , що перевищують допустимі значення, встановлені заводом-виробником шини. Таким чином, з метою збереження з шини оптимальним значенням висоти одиничної нерівності слід вважати  $q_0 = 0,04$  м;

2. Максимальна різниця показників  $\lambda_L (R_Y)$  і  $\lambda_L (R_{YD})$ , визначених за величиною бічних реакцій  $R_Y$  і  $R_{YD}$ , при кожному прийнятому для розрахунку технічному стані гасильного елемента підвіски склала 0,56%. Це свідчить про те, що показник  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини можна визначати, вимірюючи реакції  $R_{YD}$ , що діють від колісного вузла на безпружину масу;

3. Максимальна різниця коефіцієнта  $\lambda_L$ , зниження бічної реакції шини отриманого в результаті проведення пошукового експерименту і розрахунку склала 3%. Це підтверджує адекватність математичної моделі і науково обґрунтовує можливість реалізації методу діагностування гасильного елемента підвіски, на стенді з бігових барабаном діаметром 1,8 метрів.

4. Висновки про технічний стан гасильних елементів підвіски наступні:

- якщо  $\lambda_L \leq [\lambda_{L1}]$  і  $65\% \leq \chi \leq 100\%$  - технічний стан гасильного елемента підвіски відповідає 1 рівню. Він є справним і працездатним, оскільки забезпечує надійний контакт шини з опорною поверхнею при коливаннях нормального навантаження, і високих бічних реакціях. Його технічний стан здатний забезпечувати стійкість АТЗ навіть на мокрому асфальті;

- якщо  $[\lambda_{L1}] < \lambda_L \leq [\lambda_{L2}]$  і  $40\% \leq \chi < 65\%$  технічний стан гасильного елемента підвіски відповідає 2 рівня. Даний гасильний елемент підвіски працює менш ефективно, але його застосування в умовах експлуатації АТЗ ще допустиме. Він здатний менш ефективно забезпечувати контакт шини з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження, і задовільно забезпечувати стійкість АТЗ в умовах експлуатації;

- якщо  $\lambda_L > [\lambda_{L2}]$  і  $\chi < 40\%$  і  $\lambda_L > [\lambda_{L2}]$  - технічний стан гасильного елемента

підвіски відповідає 3-му рівню. Він є непрацездатним, оскільки не забезпечує надійного контакту і зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження на колесах, і його небезпечно використовувати в умовах експлуатації АТЗ.

### 3.6 Висновки до розділу 3

У третьому розділі роботи представлені методики експериментальних досліджень, а також опис експериментального обладнання та вимірювальних систем, необхідних для контролю стійкості ТЗ в умовах експлуатації при зміні технічного стану гасильних елементів підвіски, на основі вимірювання та аналізу кінематичних параметрів його руху під дією бокової сили та переїзду одиничної нерівності. Наведено метрологічні характеристики систем виміру кінематичних параметрів руху ТЗ.

Аналіз результатів виконаної роботи дозволяє зробити такі висновки:

1. Розроблені, за участю автора, методики експериментального дослідження, дають можливість проводити дослідження стійкості ТЗ в умовах експлуатації при зміні технічного стану гасильних елементів підвіски, на основі вимірювання та аналізу кінематичних параметрів його руху під дією бічної сили та переїзді одиничної нерівності, при варіюванні стану гасильних елементів підвіски.

2. Аналіз результатів розрахунку і пошукового експерименту з використанням F-критерію Фішера, дозволив встановити, що математична модель системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса» адекватно описує процес формування шиною бічних реакцій при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення, через одиничну нерівність. Модель враховує вплив на досліджуваний процес: зчіпних властивостей шин, технічного стану гасильних елементів підвіски, динаміки коливань підресорених і безпружинних мас і профілю опорної поверхні.

3. Оптимізовано установки тестового впливу на систему «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса» в процесі

діагностування гасильного елемента підвіски з урахуванням їх впливу на здатність шин створювати бічні реакції на стенді з бігових барабаном. Встановлено такі значення оптимізованих параметрів:

- Діаметр бігового барабана не менше 1,8 м;
- Єдина нерівність напівкруглого профілю, висотою  $q_0 = 0,04$  м;
- Кутова швидкість бігового барабана  $V_\chi = 3,6$  м/с;
- Навантаження на колесо  $R_Z = 3580$  Н;
- Кут відведення колеса з еластичною шиною  $\delta = 3^\circ$ ;

4. В результаті дослідження процесу формування шиною, що рухається з кутом відведення, бічних реакцій, виявлена залежність зміни коефіцієнта  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини в умовах збурень. Виявлена залежність дозволила визначити нормативні значення коефіцієнта зниження бічної реакції шини  $[\lambda_{L1}] = 24,9\%$  і  $[\lambda_{L2}] = 31,2\%$ , а також сформувані шкалу рівнів технічного стану гасильних елементів підвіски виходячи з таких умов:

- якщо  $\lambda_L \leq [\lambda_{L1}]$  і  $65\% \leq \chi \leq 100\%$  - технічний стан пред'явленого гасильного елемента підвіски відповідає 1 рівню. Він є повністю працездатним, оскільки забезпечує надійний контакт шини з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження, а також її здатність створювати бічні реакції. Його технічний стан здатний забезпечувати активну безпеку АТЗ в умовах експлуатації;

- якщо  $[\lambda_{L1}] < \lambda_L \leq [\lambda_{L2}]$  і  $40\% \leq \chi < 65\%$  - технічний стан пред'явленого гасильного елемента підвіски відповідає 2-му рівню. Даний гасильний елемент підвіски працює менш ефективно і його застосування в умовах експлуатації АТЗ ще допустиме. Він здатний менш ефективно забезпечувати контакт шини з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження, і задовільно забезпечує активну безпеку АТЗ в умовах експлуатації;

- якщо  $\lambda_L > [\lambda_{L2}]$  і  $\chi < 40\%$  - технічний стан пред'явленого гасильного елемента підвіски відповідає 3-му рівню. Він є непрацездатним, оскільки не забезпечує надійного контакту і зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження на колесах, і його небезпечно використовувати в умовах експлуатації АТЗ;

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Виробнича безпека, що її вивчає охорона праці, відіграє велику роль для працюючих, оскільки саме вона контролює фізичний стан трудівника, що не може не позначитись на його здоров'ї, житті та продуктивності роботи в тому числі і в галузі транспорту.

Неналежний рівень охорони праці спроможний викликати соціально-економічні проблеми працюючих та їх родин. Тому соціально-економічна важливість охорони праці полягає в наступному: зростанні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, скороченні виплат за лікарняними і виплат компенсацій за шкідливі умови праці та інше.

У цьому розділі проводиться аналіз шкідливих, небезпечних [3] і уражаючих для працівника і оточуючого середовища чинників, які виникають під час проведення підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС». Тут розглядаються, в тому числі, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з промислової безпеки під час проведення підвищення якості діагностування, безпека у надзвичайних ситуаціях.

В процесі підвищення якості діагностування даного процесу на працюючих діють ті чи інші небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп відповідно до [3].

Фізичні НШВФ: понижена або підвищена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, недостатність або відсутність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, відбита або пряма блискучість, підвищена яскравість світла.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, монотонність праці, перенапруження аналізаторів.

## 4.1 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Коли за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату.

Вибираємо для приміщення для проведення підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС», категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Згідно із [4] допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні для холодного та теплого періодів року приведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормовані допустимі параметри мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іа	21-25	18-26	75	≤0,1
Теплий		22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

При опроміненні менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м<sup>2</sup>.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) у повітрі робочої зони та підпадає під систематичний контроль з метою запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин [4]

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Бензин	100	Пара	4
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

При використанні ЕОМ джерелом забруднення повітря є також іонізація молекул речовин, що містяться в повітрі. Рівні позитивних та негативних іонів повинні відповідати [4] та приведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Кількість іонів в 1 см<sup>3</sup> повітря приміщення при роботі на ЕОМ

Рівні	Мінімально необхідні	Оптимальні	Максимально допустимі
позитивний	400	1500-3000	50000
негативний	600	3000-5000	50000

З метою встановлення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату і складу повітря робочої зони передбачено:

- 1) в приміщенні має бути встановлена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року;
- 2) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

#### 4.1.2 Виробниче освітлення

З метою забезпечення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях значні вимоги пред'являються до кількісних та якісних показників освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, де проводиться робота з підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС», відповідно до [3] визначаємо, що вони відносяться до IV розряду зорових робіт. Приймаємо

контраст об'єкта з фоном – середній, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт в.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості для штучного освітлення приведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення і мінімальні освітленості для штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість для штучного освітлення, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						комбіноване		загальне	Природного	Сумщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	в	середній	середній	400	200	200	1,5	0,9

Оскільки приміщення розташоване в селі Стрижівка Житомирської області (друга група забезпеченості природним світлом), а світлові проїми розташовані за азимутом 180°, то за таких умов КПО визначатиметься за виразом [3, 4]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (4.1)$$

де  $e_n$  – табличне значення КПО для бокового освітлення, %;

$m_N$  – коефіцієнт світлового клімату;

$N$  – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та сумщеного освітлення:

$$e_{N.b} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%);$$

$$e_{N.c} = 0,9 \cdot 0,85 = 0,77 (\%).$$



З метою забезпечення нормативних значень показників освітлення запропоновано такі заходи:

- 1) за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;
- 2) застосування загального штучного освітлення у темний час доби.

#### 4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування застосовується обладнання, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, потрібно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Встановлено, що приміщення, в якому відбувається робота з підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» може мати робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється рухомими елементами автомобіля.

Для запобігання травмуванню працюючих під дією шуму він підлягає нормуванню. Головним нормативом стосовно промислового шуму, що діє в нашій країні, є [9], згідно з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в промислових приміщеннях не мають бути більшими ніж значення, що приведені в таблиці 4.5. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 4.6 для локальної вібрації.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 4.6 – Нормовані рівні віброприскорення [7]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц								Коректовані рівні віброприскорення, дБА
8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
73	73	79	85	91	97	103	109	76

Для покращення віброакустичного клімату у приміщенні запропоновано такі заходи:

- 1) оздоблення стін спеціальними перфорованими плитами, панелями з метою шумопоглинання;
- 2) контроль рівня шуму та вібрації не менше 1 разу на рік.

#### 4.1.4 Виробничі випромінювання

Значення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях з персональними ЕОМ мають не перевищувати граничнодопустимі, які складають 20 кВ/м.

Експозиційна доза рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана до корпусу монітора при будь-яких положеннях регульовальних пристроїв не повинні перевищувати  $7,74 \cdot 10^{-12}$  Кл/кг, що відповідає потужності еквівалентної дози 0,1 мБер/год (100 мкР/год) у відповідності до [7].

З метою гарантування захисту і досягнення нормативних рівнів випромінювань потрібно використовувати екранування робочого місця і скорочення часу опромінення за рахунок перерв на відпочинок.

#### 4.2 Технічні рішення щодо безпеки під час проведення підвищення якості діагностування

##### 4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розташування робочих місць, оснащених ЕОМ здійснюється в приміщеннях з одnobічним розташуванням вікон, що неодмінно повинні бути обладнані сонцезахисним засобами: шторами та жалюзьями [8].

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами

шкідливих та небезпечних промислових чинників, вони зобов'язані розташовуватися у абсолютно відокремлених кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, повинна становити не менше 6,0 м<sup>2</sup>, об'єм – не менше як 20 м<sup>3</sup>, а висота – не менше 3,2 м [9].

Робочі місця з відеодисплейним терміналом повинні розташовуватись на відстані не менше ніж 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін – на відстані 1 м, між собою на відстані не менше ніж 1,5 м. У випадку розміщення робочих місць потрібно виключити ймовірність прямого засвічування екрану джерелом природного освітлення. Робоче місце доцільно розміщати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, бажано з лівого.

Поверхня екрана має знаходитись на відстані 400-700 мм від очей користувача. Висота робочої поверхні столу при виконанні роботи сидячи має налаштовуватись в межах 680-800 мм. Робочий стіл повинен мати простір для ніг висотою не менше 600 мм, шириною не менше як 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм та на рівні витягнутої ноги не менше як 650 мм.

Поверхня підлоги має бути гладкою, не слизькою, без вибоїн, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється застосовувати для оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

#### 4.2.2 Електробезпека

Причинами ураження електричним струмом у цьому приміщенні можуть бути: робота під напругою під час проведення ремонтних робіт, несправність устаткування, випадкове торкання до металевих частин, що опинилися під напругою чи струмоведучих частин. У відповідності до [10] це приміщення належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності високої (понад 75 %) відносної вологості. Через це безпека використання електрообладнання має забезпечуватись рядом заходів, що

включають застосування ізоляції струмоведучих частин, захисних блокувань, захисного заземлення та ін [11].

### 4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Згідно [12] приміщення, в якому проводиться робота з підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС», відноситься до категорії пожежної небезпеки А, яка характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, що застосовуються під час проведення підвищення якості діагностування. Це приміщення відноситься до 3-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висовуються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [12]

Ступінь вогне-	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, и,
3	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	нн нн	нн нн

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 –  $M \leq 25$  см – для горизонтальних конструкцій;  $M \leq 40$  см – для вертикальних і похилих конструкцій; нн – не нормується.

В таблиці 4.8 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд. З метою попередження поширення пожежі з одної споруди на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви, що залежать від ступеня вогнестійкості будівлі.

Таблиця 4.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [18]

Об'єм приміщення, тис. м <sup>3</sup>	Категорія пожежної безпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потoku в загальному проході, осіб/м <sup>2</sup>			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, для ступеня їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Максимально допустима площа поверху, м <sup>2</sup> , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	II	IV,V		1	2	3 і більш е
до 15	A	3	40	25	15	45	9	12	15	1	5200	–	–

Визначення видів та кількості первинних засобів пожежегасіння проводиться із урахуванням властивостей фізико-хімічних та пожежонебезпечних горючих речовин, їхньої взаємодії з вогнегасними речовинами, а також розмірів та площ виробничих приміщень, відкритих майданчиків і установок.

Вибираємо, що приміщення, в якому проводиться робота з підвищення якості діагностування, має бути оснащено двома вогнегасниками, пожежним щитом, а також ємністю з піском [19].

#### 4.4 Висновки до розділу 4

Під час виконання цього розділу було опрацьовано такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки під час проведення підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС», безпека у надзвичайних ситуаціях.

## РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ГАСИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ НА СТО «АВТО-АЛЬЯНС»

За підсумками науково-дослідної роботи була виконана оцінка економічної ефективності розробленої методики та реалізуючого її обладнання.

Розрахунок економічної ефективності здійснюється по різниці приведених витрат і величині додаткового економічного ефекту, що полягає в підвищенні продуктивності і якості виконаних робіт та зниження матеріальних витрат.

Економічний ефект, отриманий за рік застосування методики діагностування автомобільних гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею визначається за виразом:

$$E = \left[ 3_1 \frac{Q_1}{Q_2} \cdot \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(U'_1 - U'_2) - E_H(K'_1 - K'_2)}{P_2 + E_H} - 3_2 \right] \cdot N_2 \quad (5.1)$$

де  $3_1$  і  $3_2$  - наведені витрати на виробництві, що припадають на один базовий і новий технічний засіб діагностування, [грн.];

$\frac{Q_2}{Q_1}$  – коефіцієнт, що враховує зростання продуктивності при застосуванні нових технічних засобів діагностування в порівнянні з базовими засобами діагностування;

$Q_1$  і  $Q_2$  – річні обсяги робіт, вироблених при використанні базового і нового технічного засобу діагностування, в натуральних одиницях;

$\frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H}$  – коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби нового технічного засобу діагностування в порівнянні з базовим технічним засобом діагностування;

$P_1$  і  $P_2$  – частки відрахувань від балансової собівартості на повне відновлення базового і нового технічного засобу діагностування;

$\frac{(U'_1 - U'_2) - E_H(K'_1 - K'_2)}{P_2 + E_H}$  – економія споживача на поточних витратах експлуатації і відрахуваннях від відповідних капітальних вкладень за весь термін

служби нового технічного засобу діагностування в порівнянні з використанням базового технічного засобу діагностування, [грн.];

$U'_1$  і  $U'_2$  - річні експлуатаційні витрати споживача, проведені без урахування амортизації на реновацію, при використанні базового і нового технічного засобу діагностування відповідно, в розрахунку на річний обсяг роботи  $Q_2$ , який забезпечувався б новим технічним засобом діагностування, [грн.];

$K'_1$  і  $K'_2$  - супутні капітальні вкладення споживача в сфері експлуатації, виконані без урахування собівартості розглянутих технічних засобів діагностування, при використанні базового і нового технічних засобів діагностування, відповідно в розрахунку на річний обсяг  $Q_2$ , [грн.];

$N_2$  – річний обсяг виробництва нових технічних засобів діагностування в розрахунковому році [натуральні одиниці].

Визначимо за наступним виразом наведені витрати  $Z_i$ :

$$Z_i = C_i + E_H \cdot K_i \quad (5.2)$$

де  $C_i$  – собівартість виготовлення технічного засобу діагностування, (грн.);

$E_H$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень в нову техніку, приймаємо  $E_H = 0,15$ ;

$K_i$  – капітальні вкладення на виготовлення технічного засобу діагностування, [грн.];

При розрахунку економічної ефективності приймаємо такі припущення.

1) Рівні частки відрахувань від балансової собівартості на повне відновлення (реновацію) базового і нового технічного засобу діагностування приймаємо  $P_1 = P_2 = 0,15$ .

2) Коефіцієнт, що враховує зміну терміну служби нового технічного засобу діагностування в порівнянні з базовим засобом приймаємо  $\frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} = 1$ .

3) Річний обсяг виробництва нових технічних засобів діагностування в розрахунковому році приймаємо  $N_2 = 1$ .

4) Наведені витрати нового технічного засобу діагностування в сфері виробництва, зважаючи на відсутність даних, приймаємо рівними його витратам за оптовою ціною  $Z_2 = Ц_2$ .

Визначаємо річні експлуатаційні витрати при використанні  $i$ -го варіанта технічного засобу діагностування за формулою:

$$U'_1 = C_{ЗП1} + C_{ПР2} + C_{Е1} + C_{НВ1}; \quad (5.3)$$

де  $C_{ЗП1}$  – річні витрати на заробітну плату операторів-діагностів, включаючи витрати, пов'язані з відрахуваннями єдиного соціального податку [грн.];

$C_{ПР2}$  – витрати на поточний ремонт та утримання діагностичного обладнання, [грн.];

$C_{Е1}$  – витрати на електроенергію, [грн.];

$C_{НВ1}$  – інші накладні витрати, [грн.].

Річні витрати на заробітну плату оператора-діагноста разом з нарахуваннями визначаються за виразом:

$$C_{З1} = Q_i \cdot T_i \cdot C_d \cdot K_{доп}; \quad (5.4)$$

де  $T_i$  – тривалість діагностування  $i$ -м технічним засобом діагностування, [год.];

$C_d$  – годинна ставка оператора-діагноста, [грн./год.];

$K_{доп}$  – коефіцієнт, що враховує відрахування єдиного соціального податку, приймаємо  $K_{доп} = 1,262$ .

Визначаються витрати на поточний ремонт та планово-технічне обслуговування  $i$ -го діагностичного обладнання за формулою:



$$C_{\text{тр}1} = \frac{B_i \cdot K_{\text{мр}}}{100}; \quad (5.5)$$

де  $K_{\text{ТР}}$  – коефіцієнт, що враховує відрахування на поточний ремонт і зміст  $i$ -го діагностичного обладнання.

Витрати на електроенергію визначаються за виразом:

$$C_{E1} = g_i \cdot T_E \cdot Q_i; \quad (5.6)$$

де  $g_i$  – витрата електроенергії на виконання одного контролю при використанні  $i$ -го технічного засобу діагностування, [кВт.];

$T_{\text{Э}}$  - відпускний тариф, [грн./кВт.].

Інші накладні витрати визначаються за формулою:

$$C_{\text{НР}1} = C_{\text{ЗП}1} \cdot K_{\text{дон}} / K_{\text{НР}}. \quad (5.7)$$

Супровідні капітальні витрати:

$$K'_1 = \frac{B_i}{T_{\text{ссі}}}. \quad (5.8)$$

де  $T_{\text{ссі}}$  – середній термін служби  $i$ -го технічного засобу діагностування.

Для розрахунку очікуваного річного економічного ефекту від впровадження розробленої методики діагностування автомобільних гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею були приведені експлуатаційні витрати і супутні капітальні вкладення споживача до річної продуктивності нового технічного засобу діагностування в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основні техніко-економічні показники до розрахунку річних експлуатаційних витрат споживача на контроль технічного стану автомобільних гасильних елементів підвіски на базовому і модернізованому обладнанні

Найменування показників	Позначення	Од. вим.	Показники при застосуванні:	
			Базове обладнання	Модернізоване обладнання
1	2	3	4	5
Оптова ціна	$C$	грн.	297000	262500
Коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування і монтаж обладнання	$K_o$	-	1,2	1,2
Балансова вартість обладнання	$B$	грн.	307500	277500
Кваліфікація і розряд працівника	-	-	оператор-діагност 4 розряду	оператор-діагност 4 розряду
Кількість операторів-діагностів	$n$	чол.	2	2
Годинна тарифна ставка	$C_{\text{ч}}$	грн/год	100	100
Трудомісткість діагностування	$T_{\text{д}}$	хв.	28	20
Коефіцієнт, що враховує відрахування до фондів.	$K_{\text{доп}}$	-	1,262	1,262
Плановий річний фонд робочого часу	$\Phi_{\text{п}}$	год.	2086	2086
Коефіцієнт використання устаткування за часом	$K_{\text{и}}$	-	0,8	0,8
Дійсний річний фонд робочого часу	$\Phi_{\text{д}}$	год.	1668,8	1668,8
Річні обсяги робіт	$Q$	од.	3180	4170
Коефіцієнт відрахування на поточний ремонт і планово-технічне обслуговування	$K_{\text{тр}}$	-	0,05	0,05
Середній термін служби	$T_{\text{сл}}$	років	6	6
Коефіцієнт реновації	$K_{\text{р}}$	-	0,15	0,15
Тариф за електроенергію	$T_{\text{е}}$	грн./кВт	2,85	2,85
Нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	$E_{\text{н}}$	-	0,12	0,12
Коефіцієнт, що враховує інші накладні витрати	$K_{\text{нр}}$	-	1,89	1,89

Річні витрати на заробітну плату з нарахуваннями:

$$C_{\text{зп1}} = 3180 \cdot (28/60) \cdot 100 \cdot 2 \cdot 1,262 = 386890,36 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{зп2}} = 4170 \cdot (20/60) \cdot 100 \cdot 2 \cdot 1,262 = 350836 \text{ грн.}$$

Відрахування на поточний ремонт і обслуговування технічного засобу діагностування:

$$C_{TP1} = 297000 \cdot 0,05 = 14850 \text{ грн.};$$

$$C_{TP2} = 262500 \cdot 0,05 = 13125 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію:

$$C_{Э1} = 2,85 \cdot 3180 \cdot 7 \cdot (28/60) = 29605,8 \text{ грн.};$$

$$C_{Э2} = 2,85 \cdot 4170 \cdot 7,5 \cdot (20/60) = 29711,25 \text{ грн.};$$

де: 7,5 - потужність шинного тестера, [кВт];

$T_d/60$  - час роботи шинного тестера в розрахунку на один АТЗ, [год].

Інші накладні витрати:

$$C_{HP1} = 282429,6 \cdot 1,262/1,89 = 188585,47 \text{ грн.}; C_{HP2} = 256110,29 \cdot 1,262/1,89 = 171011,21 \text{ грн.}$$

Супутні капітальні витрати:

$$K_1' = 297000/6 = 49500 \text{ грн.}; \text{ або } K_1' = 49500/3180 = 15,57 \text{ грн.};$$

$$K_2' = 262500/6 = 43750 \text{ грн.}; \text{ або } K_2' = 43750/4170 = 10,5 \text{ грн.}$$

Річні експлуатаційні витрати:

$$U_1' = 282429,9 + 14850 + 29605,8 + 188585,47 = 515471,17 \text{ грн.}$$

Або на один автомобіль  $U_1' = 515471,17/3180 = 162,1 \text{ грн.};$

$$U_2' = 256110,29 + 13125 + 29711,25 + 171011,21 = 469957,75 \text{ грн.};$$

Або на один автомобіль  $U_2' = 469957,75 / 5270 = 89,17 \text{ грн.}$

Результати розрахунків за розробленими методами діагностування відображені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку річних експлуатаційних витрат споживача на контроль технічного стану автомобільних гасильних елементів підвіски на базовому і модернізованому обладнанні

№	Елементи витрат	Позначення	Од. Вим.	Показники при діагностуванні	
				Базове обладнання	Модернізоване обладнання
1	2	3	4	5	6
1	Заробітна плата з нарахуваннями	$C_{ЗП}$	грн.	282429,9	256110,29
2	Витрати на поточний ремонт та утримання обладнання	$C_{ТР}$	грн.	14850	13125
3	Витрати на електроенергію	$C_E$	грн.	29605,8	29711,25
4	Інші накладні витрати	$C_{НР}$	грн.	188585,47	171011,21
5	Супутні капітальні витрати, пов'язані з придбанням, доставкою, монтажем	$K'$	грн.	49500	43750
6	Річні експлуатаційні витрати на діагностування	$U'$	грн.	515471,17	469957,75

Очікуваний річний економічний ефект від впровадження розробленої методики визначається виразом:

$$E = E' + E'' \quad (5.9)$$

де  $E'$  - економія на експлуатаційних та супутніх капітальних витратах споживача, що визначається за формулою (5.1);

$E''$  - економія матеріальних ресурсів.

Економія матеріальних ресурсів визначається за формулою:

$$E'' = C_{РТС} \cdot Q' [(\beta_1 - \beta_2)/100]; \quad (5.10)$$

де  $Q'$  - кількість непрацездатних гасильних елементів підвіски при перевірці на базовому технічному засобі діагностування;

$\beta_1$  і  $\beta_2$  - ймовірності помилок і роду при використанні, відповідно, базового і нового технічного засобу діагностування, [%];

$C_{РТС}$  – середня вартість ремонту підвіски автотранспортного засобу, [грн.].

Економія на експлуатаційних та супутніх капітальних витратах споживача для розробленого шинного тестера визначається за виразом:

$$E' = (U'_1 - U'_2) \cdot Q_2 \quad (5.11)$$

і становить:  $E' = 202828,2$  грн.;

Економія матеріальних ресурсів при використанні шинного тестера складе  $E'' = 327793,65$  грн.;

Тоді загальний річний економічний ефект при діагностуванні з використанням шинного тестера становить  $E_1 = 530621,85$  грн., або в розрахунку на один транспортний засіб  $E_{\text{тим}} = 530621,85 / 4270 = 124,27$  грн./АТЗ.

Проведені розрахунки економічної ефективності, отриманої за рахунок застосування розробленої методики діагностування автомобільних гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС»

Виходячи з вищевикладеного розрахунку, приймаємо економічну ефективність розробленої методики  $124,27$  грн. на один АТЗ. Беручи до уваги, що річна кількість діагностувань, виконуваних на станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» становить  $1315$  АТЗ, економічний ефект впровадження розробленої методики та обладнання складе  $163415,05$  грн.

Розрахунковий термін окупності впровадженої методики і реалізуючого її обладнання визначається за формулою:

$$O_1 = C_1 / \Delta_1; \quad (5.11)$$

і становить  $O_1 = 262500 / 163415,05 = 1,61$  років.

## Висновки до п'ятого розділу

1. Економія матеріальних витрат, пов'язаних з модернізацією серійного обладнання, розрахована як різниця собівартості його штатних деталей і вузлів, що підлягають заміні, і собівартості знову встановлюваних деталей і вузлів становить 18270 грн. на одиницю без урахування виконуваних робіт. Таким чином, собівартість модернізованого обладнання стає менше існуючого приблизно на 10%.

2. Річний економічний ефект, отриманий в результаті впровадження удосконаленої методики діагностування автомобільних гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» становить 163415,05 грн., або 124,27 грн. на один АТЗ. Термін окупності модернізованого стенду складає 1,61 року.

## ВИСНОВКИ

В роботі викладено нові науково обґрунтовані технічні та технологічні рішення, які мають істотне значення для безпеки автотранспортних засобів в умовах експлуатації. За результатами дослідження зроблено такі основні висновки:

1. Розроблена математична модель системи «Опорна поверхня - Еластична шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», дозволяє виконувати аналіз впливу технічного стану гасильних елементів підвіски на показники стійкості руху ТЗ, при дії на них бічної сили та переїзді колесами одиначної нерівності. Вона враховує динаміку просторового руху ТЗ, коливання його підресореної та непідресореної маси, функціональні характеристики гасильних елементів підвіски, сили опору пружних елементів підвіски, стаціонарні характеристики шин по виводу, а також згладжуючі характеристики еластичних шин при їх переїзді через одиначну нерівність;

2. Виявлена функціональна залежність між параметром  $\chi$  технічного стану гасильних елементів підвіски і параметром  $\lambda_L$ , що характеризує зниження бічних реакції шини при переїзді колесом, що рухаються з кутом відведення  $\delta = 3^\circ$  зі швидкістю  $V_x = 3,6$  м/с, через одиначну нерівність напівкруглого профілю, висотою  $q_0 = 0,04$  м, показує:

- при зміні параметра  $\chi$ , що характеризує технічний стан гасильного елемента підвіски  $65\% \leq \chi \leq 100\%$ , коефіцієнт  $\lambda_L$ , що характеризує зниження бічної реакції шини, змінюється від 20,3% до 24,9% і характеризують надійний контакт шин з опорною поверхнею, а також ефективну роботу гасильного елемента підвіски ;

- при зміні параметра технічного стану в діапазоні  $40\% \leq \chi < 65\%$ , коефіцієнт  $\lambda_L$ , що характеризує зниження бічної реакції шини, змінюється в діапазоні  $31,2\% \leq \lambda_L < 24,9\%$ , це показує, що гасильний елемент підвіски працює менш ефективно, але його застосування в умовах експлуатації АТЗ ще допустиме;

- при зміні параметра  $\chi$  технічного стану менше 40%, а коефіцієнта  $\lambda_L$  більше 31,2% гасильний елемент підвіски є непрацездатним, оскільки не забезпечує надійного контакту і зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження на колесах, і його небезпечно використовувати в умовах експлуатації АТЗ.

3. Порівняння коефіцієнта  $\lambda_L$  зниження бічної реакції шини з його нормативними значеннями  $[\lambda_{L1}]$  і  $[\lambda_{L2}]$  дозволяє віднести технічний стан гасильного елемента підвіски до одного з трьох рівнів:

- якщо  $\lambda_L \leq [\lambda_{L1}]$  - технічний стан гасильного елемента підвіски відповідає першому рівню. Він є справним і працездатним, оскільки забезпечує надійний контакт шини з опорною поверхнею при коливаннях нормального навантаження, і високі бічні реакції. Його технічний стан здатний забезпечувати стійкість АТЗ навіть на мокрому асфальті;

- якщо  $[\lambda_{L1}] < \lambda_L \leq [\lambda_{L2}]$  - технічний стан гасильного елемента підвіски відповідає другому рівню. Даний гасильний елемент підвіски працює менш ефективно, але його застосування в умовах експлуатації АТЗ ще допустиме. Він здатний менш ефективно забезпечувати контакт шини з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження, і задовільно забезпечувати стійкість АТЗ в умовах експлуатації;

- якщо  $\lambda_L > [\lambda_{L2}]$  - технічний стан гасильного елемента підвіски відповідає третьому рівню. Він є непрацездатним, оскільки не забезпечує надійного контакту і зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження на колесах, і його небезпечно використовувати в умовах експлуатації

4. Виробнича перевірка результатів наукового дослідження на станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» і їх техніко-економічна оцінка показують: економічний ефект від впровадження розробленої методики на СТО, отриманий за рахунок підвищення якості діагностування автомобільних гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею, склав 163415,05 грн. в рік або 124,27 грн. на один АТЗ. Термін окупності модернізованого обладнання складає 1,61 року.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі. Робочі процеси та основи розрахунку. Проектування підвіски автомобіля / [Біліченко В. В., Добровольський О. Л., Смирнов Є. В., Огневий В. О.] – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 78 с.
2. Артюх О. М. Робочі процеси автомобілів : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 492 с.
3. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.
4. Бондаренко Є. А. Освітлення виробничих приміщень : довідник / Є. А. Бондаренко, В. О. Дрончак. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 61 с.
5. 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>.
6. Волков В. П., Грицук І. В., Волков Ю. В. та ін. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. Харків, 2018.
7. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
8. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
9. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
10. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
11. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
12. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

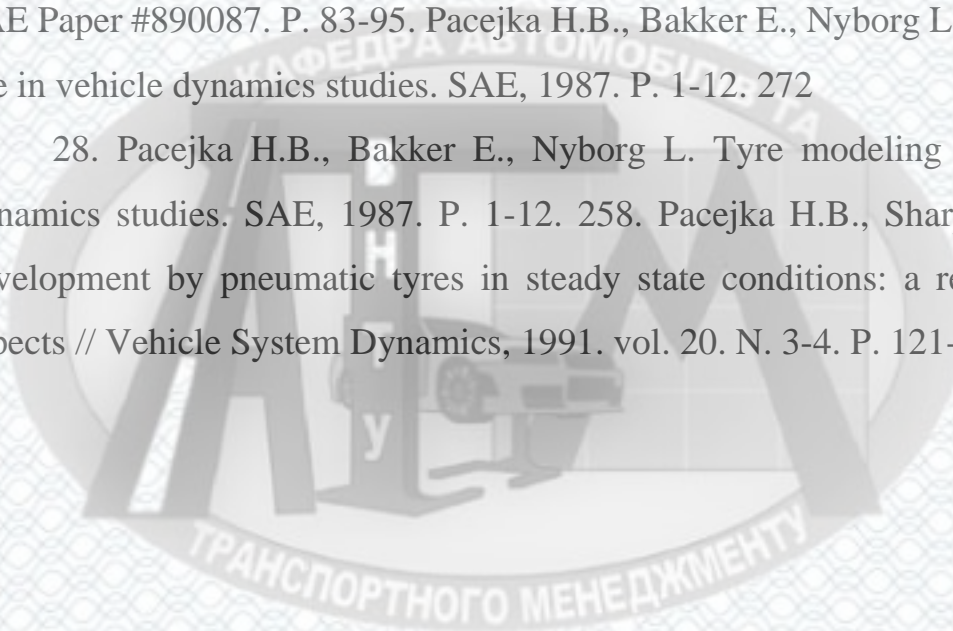
13. ДСТУ 9118:2021. Технічна діагностика. Діагностування технічного стану матеріалів конструкцій. Загальні вимоги. [Чинний від 2022-01-07]. Вид. офіц. Київ, 2021.
14. Кукурудзяк Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія ТО і ПР. Вінниця : ВНТУ, 2022. 225 с.
15. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. - 6-те вид. - К.: Либідь, 2018. — 400 с.
16. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
17. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. Київ: Вища школа, 2007. 527 с.
18. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.
19. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97), МОЗ України. – К., 1997.
20. Огневий В.О., Устій В.Ю. Аналіз засобів діагностики гасильних елементів підвіски при стендових методах контролю // Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024. [Електронний ресурс]. Режим доступу:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024>
21. Burckhardt M., Reimpell J. Fahrwerktechnik: Radschlupf-. Regelsysteme. Germany:Vogel – Verlag, 1993
22. Fedotov A. I., Tikhov-Tinnikov D. A., Ovchinnikova N. I., Lysenko A. V. Simulation of car movement along circular path To cite this article: et al 2017 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 87 082018, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 082018 doi :10.1088/1755-1315/87/8/082018
23. Grau C. A parametric study of the lateral dynamics of a nonlinear fourwheel road-vehicle model. Ph.D., Engineering: Mechanical Engineering, University of Cincinnati, 2003. - 141 p.
24. Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires // Phys. Tire tract.: Theory and Exp. New-York – London.1974.

25. Pacejka H.B. Tyre and Vehicle Dynamics. Elsevier B H: TU Delft, 2002.3rd ed. 642 p.

26. Pacejka H.B., Bakker E. The Magic Formula Tyre Model. Proc. 1st International Tyre Colloquium, Delft, 1991. Vehicle System Dynamics 21 (Suppl.). P. 1–18.

27. Pacejka H.B., Bakker E., Lidner L. A new tyre model with applications in vehicle dynamics studies. 4 th Auto technologies Conference. Monte Carlo, 1989. SAE Paper #890087. P. 83-95. Pacejka H.B., Bakker E., Nyborg L. Tyre modeling for use in vehicle dynamics studies. SAE, 1987. P. 1-12. 272

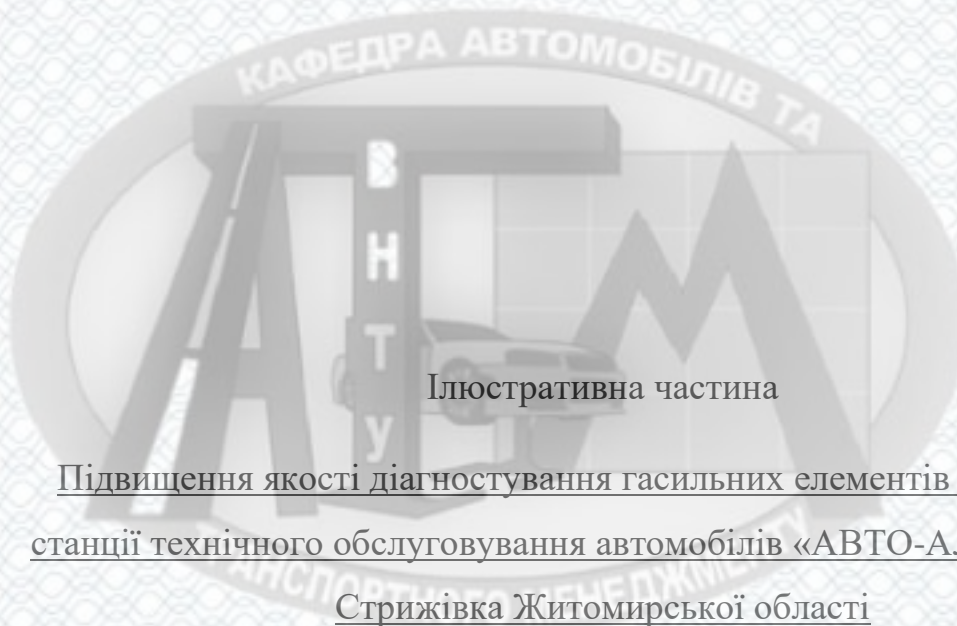
28. Pacejka H.B., Bakker E., Nyborg L. Tyre modeling for use in vehicle dynamics studies. SAE, 1987. P. 1-12. 258. Pacejka H.B., Sharp R.S. Shear force development by pneumatic tyres in steady state conditions: a review of modeling aspects // Vehicle System Dynamics, 1991. vol. 20. N. 3-4. P. 121-176.





ДОДАТКИ

## Додаток А



Ілюстративна частина

Підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області

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

**«Підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області»**

Ілюстративна частина

до магістерської кваліфікаційної роботи  
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт  
08-29.МКР.023.00.000

Керівник роботи к.е.н., доцент

Огневий В.О.

Розробив студент гр. 1АТ-22м

Устій В.Ю.

Вінниця ВНТУ 2023

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

**«Підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області»**

Ілюстративна частина  
до магістерської кваліфікаційної роботи  
зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт  
08-29.МКР.023.00.000

Керівник роботи к.е.н., доцент

Огневий В.О.

Розробив студент гр. 1АТ-22м

Устій В.Ю.

Вінниця ВНТУ 2023

**Метою роботи** є підвищення стійкості і активної безпеки автомобілів на основі діагностування гасильних елементів підвіски з врахуванням впливу їх стану на характеристики зчеплення шин з опорною поверхнею.

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

1. Розробити математичну модель системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», яка дозволить провести дослідження процесу формування шиною бічних реакцій при переїзді колесом нерівностей з врахуванням впливу на цей процес технічного стану гасильних елементів підвіски;
2. Виявити функціональні залежності, які характеризують вплив змін технічного стану гасильних елементів підвіски на показники стійкості руху в процесі дії на них бічної сили та переїзді колесами нерівностей;
3. Науково-обґрунтувати методику контролю гасильних елементів підвіски, яка враховує вплив їх технічного стану на здатність шин створювати бічні реакції в умовах збурень, викликаних коливаннями нормального навантаження на колесах;
4. Виконати виробничу перевірку результатів дослідження і дати їм оцінку.
5. Розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.



**Об'єктом дослідження** є процес формування шиною бічних реакцій при переїзді колесами які рухаються з кутом відведення одиничної нерівності при варіюванні технічного стану гасильних елементів підвіски.

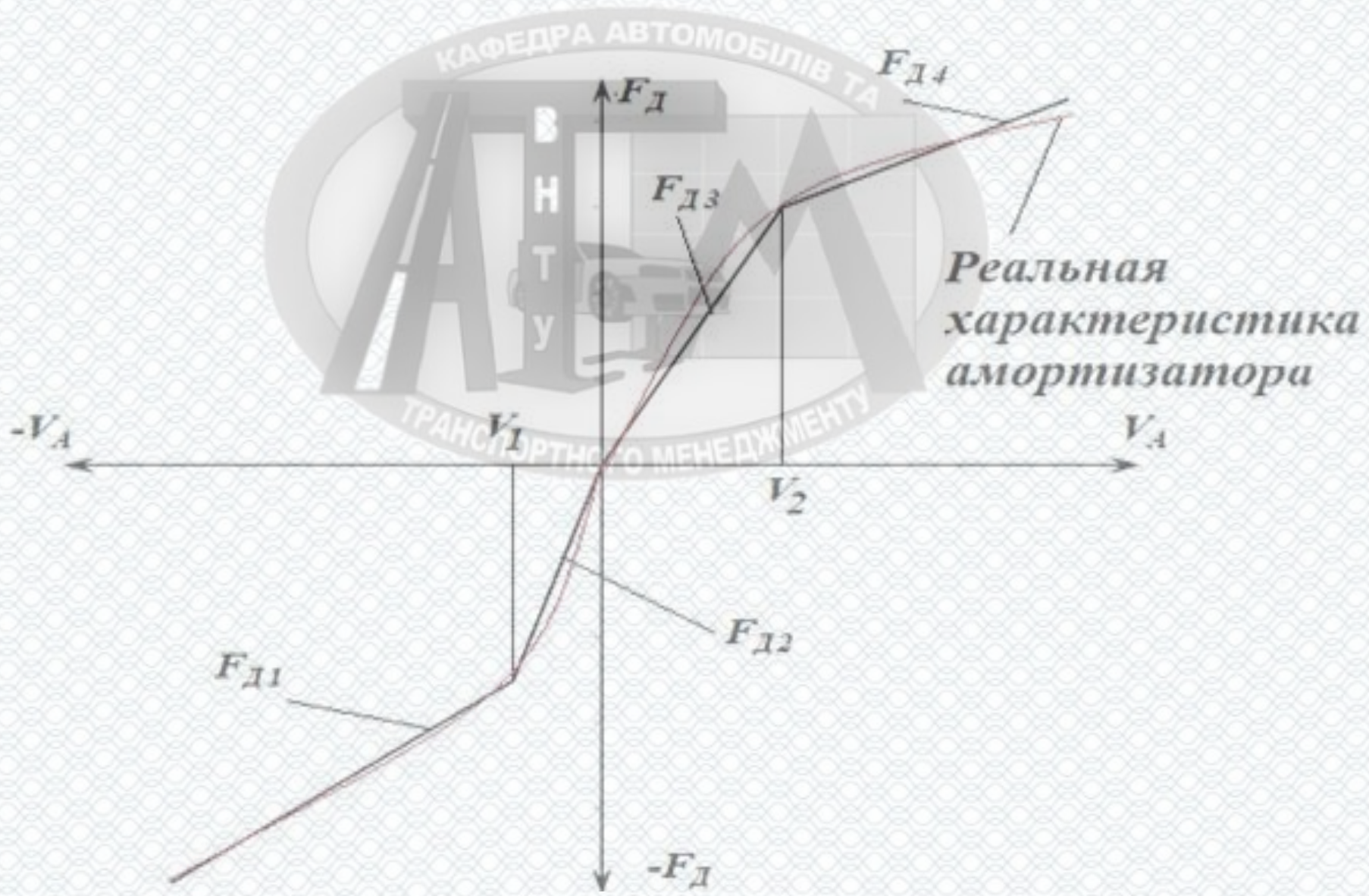
**Предметом дослідження** є закономірності, які характеризують вплив технічного стану гасильних елементів підвіски на характеристики бічного зчеплення шини з опорною поверхнею в умовах коливань нормального навантаження на колесо.

**Наукова новизна.**

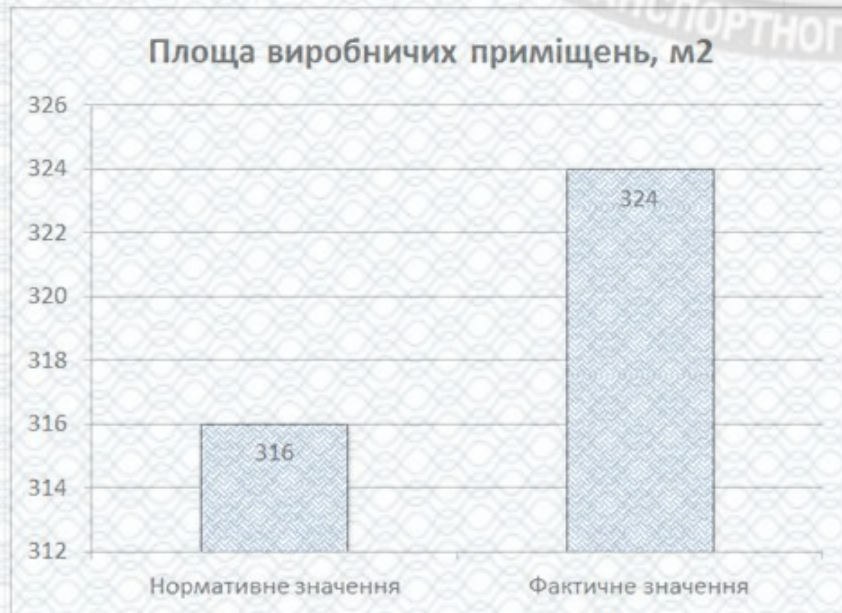
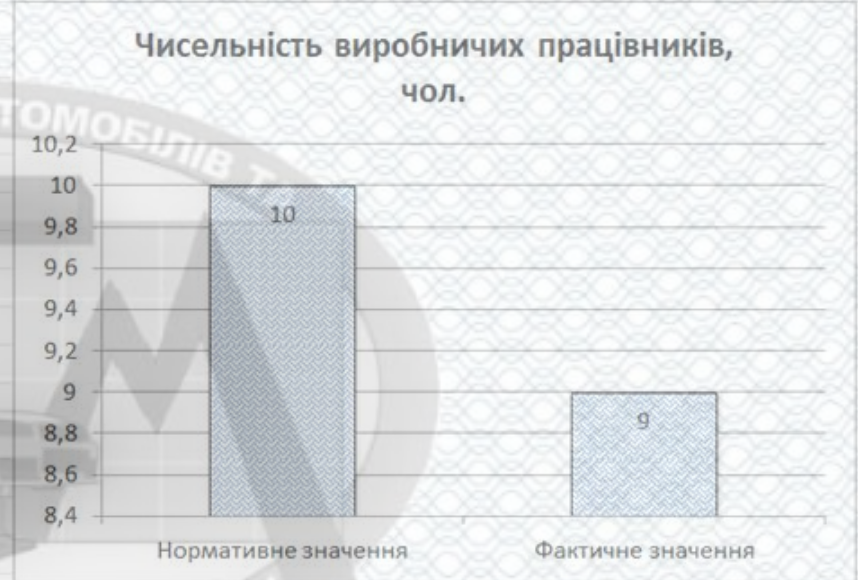
- отримала подальший розвиток математична модель системи «Опорна поверхня - Шина - Безпружинна маса - Підвіска - Підресорена маса», яка дозволяє виконувати аналітичні дослідження процесу формування шиною бічних реакцій при переїзді колесами які рухаються з кутом відведення, одиничної нерівності при варіюванні технічного стану гасильних елементів підвіски;
- удосконалена методика діагностування гасильних елементів підвіски заснована на аналізі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею.

**Практичне значення отриманих результатів** Удосконалена методика і реалізуюче її обладнання дозволяють діагностувати гасильні елементи підвіски з урахуванням їх впливу на характеристики зчеплення шин з опорною поверхнею, що значно підвищить активну безпеку автомобілів в умовах експлуатації.

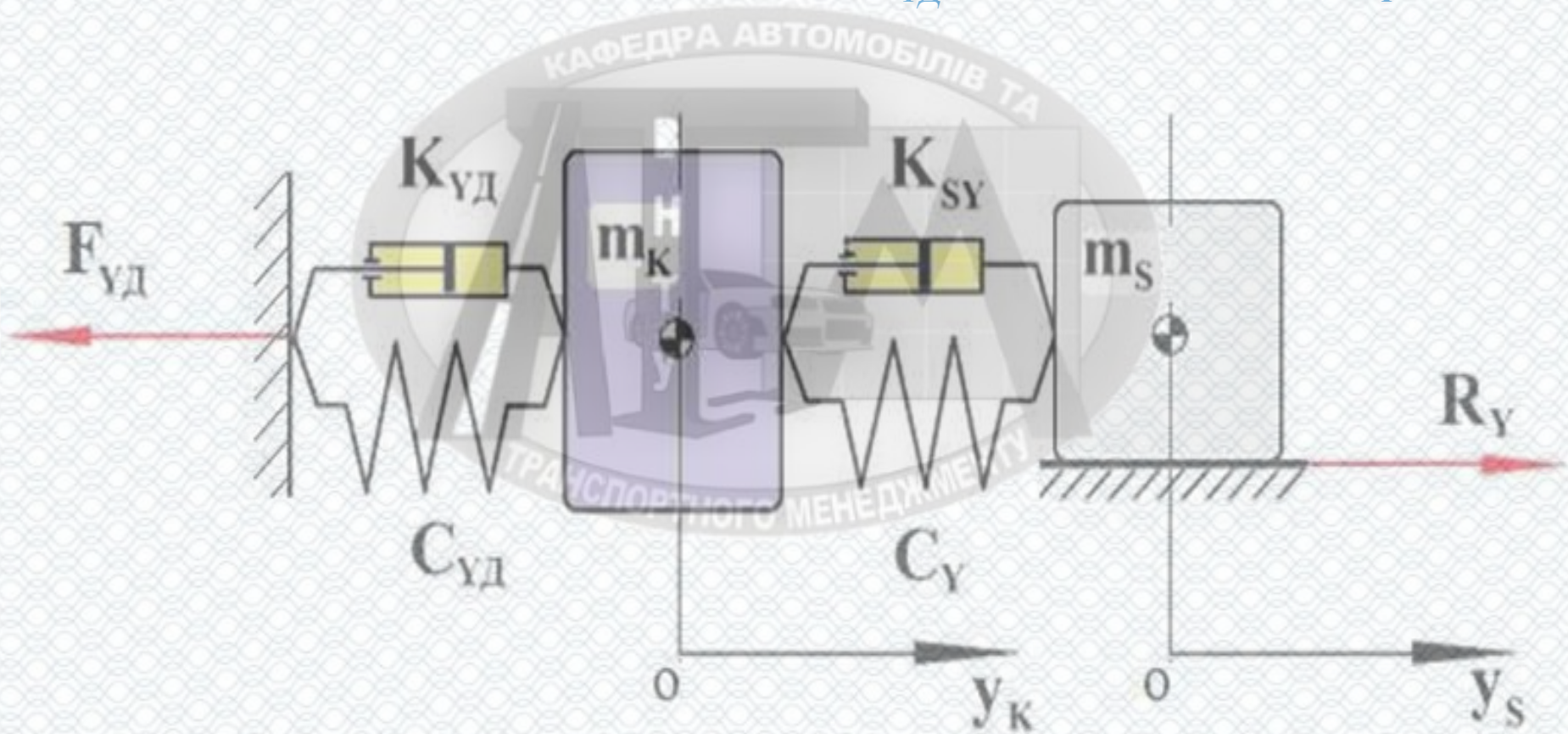
# Графік кусково - лінійної функції, яка описує робочу характеристику гасильного елемента підвіски



# Техніко-економічні показники ВТБ СТО «АВТО-АЛЬЯНС» 5



Розрахункова схема коливальної системи колеса з еластичною шиною під дією зовнішньої сили  $F_{yD}$  і бокової реакції  $R_y$  6

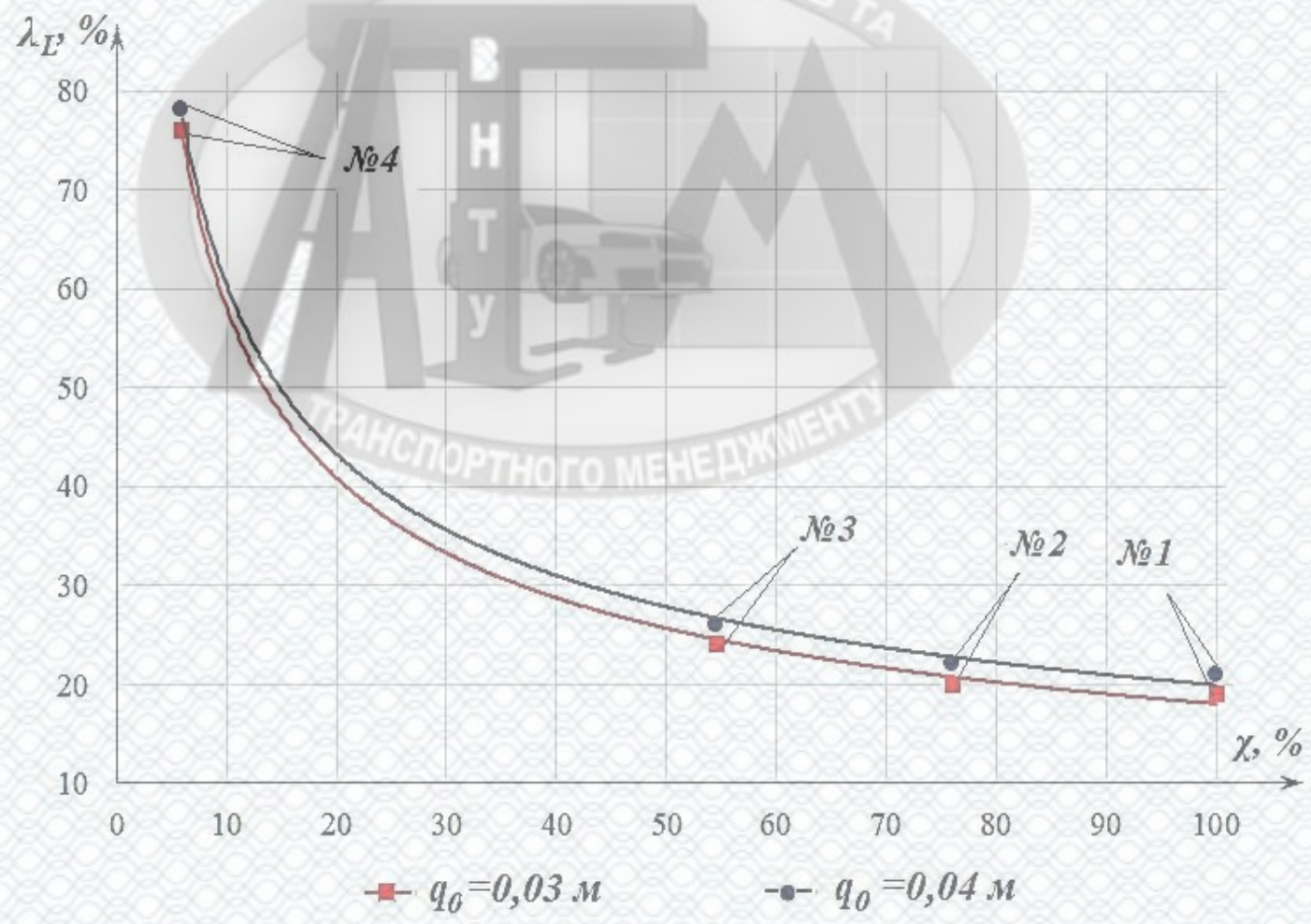


Функціональна залежність робочих характеристик гасильних елементів підвіски, прийнятих для проведення пошукового експерименту і значення їх показників  $\chi$  технічного стану.

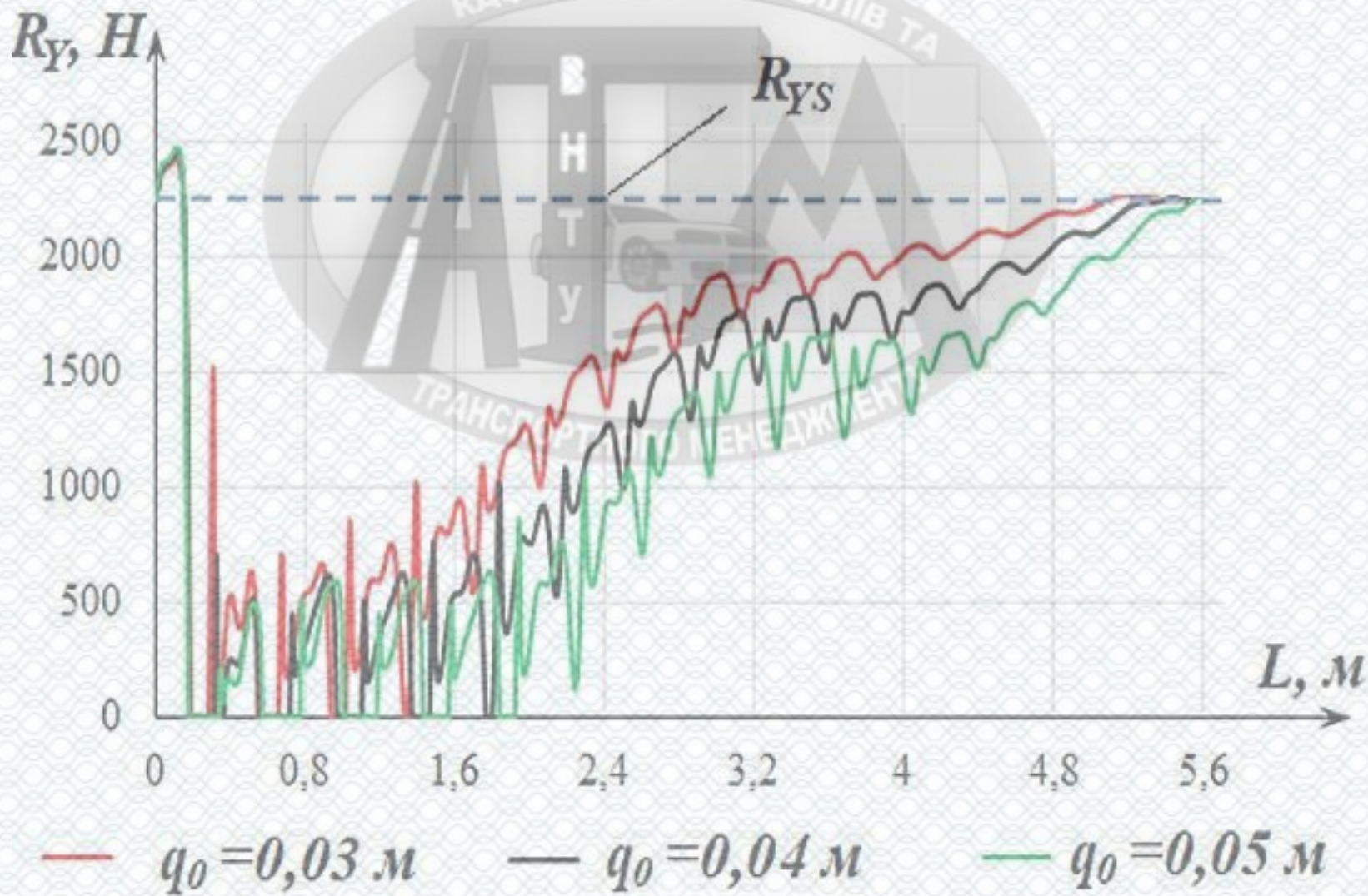
$$F_{Д№1} = \begin{cases} 1226,8 \cdot V_A - 376,32, & V_A < -0,1 \\ 5000 \cdot V_A, & -0,1 \leq V_A < 0 \\ 3000 \cdot V_A, & 0 \leq V_A < 0,2 \\ 781,25 \cdot V_A - 443,75, & V_A \geq 0,2 \end{cases}$$

гасильного елемента підвіски	Виведена функціональна залежність	Показник $\chi$ технічного стану гасильного елемента підвіски, %
№1	$F_{Д№1} = \begin{cases} 1226,8 \cdot V_A - 376,32, & V_A < -0,1 \\ 5000 \cdot V_A, & -0,1 \leq V_A < 0 \\ 3000 \cdot V_A, & 0 \leq V_A < 0,2 \\ 781,25 \cdot V_A - 443,75, & V_A \geq 0,2 \end{cases}$	100
№2	$F_{Д№2} = \begin{cases} 875 \cdot V_A - 402,48, & V_A < -0,1 \\ 4900 \cdot V_A, & -0,1 \leq V_A < 0 \\ 2050 \cdot V_A, & 0 \leq V_A < 0,2 \\ 481,28 \cdot V_A + 325,24, & V_A \geq 0,2 \end{cases}$	76
№3	$F_{Д№3} = \begin{cases} 875 \cdot V_A - 502,48, & V_A < -0,1 \\ 3998 \cdot V_A, & -0,1 \leq V_A < 0 \\ 1001,5 \cdot V_A, & 0 \leq V_A < 0,2 \\ 333,3 \cdot V_A + 60,21, & V_A \geq 0,2 \end{cases}$	34,6
№4	$F_{Д№4} = \begin{cases} 112,2 \cdot V_A, & V_A < 0 \\ 66,8 \cdot V_A, & 0 \leq V_A \end{cases}$	6

Графік залежності коефіцієнта  $\lambda_L$  зниження бокової реакції шини MICHELIN 195/95 R15 91H, від технічного стану амортизатора  $\chi$ , отримані в процесі переїзду колесом, яке рухається з кутом відведення  $\delta=3^\circ$ , одиничної нерівності напівкруглого профілю радіусом 0,03 м зі швидкістю  $VX=3,6$  м/с.



Графіки зміни бокових реакцій  $R_Y$ , на ділянці шляху  $L=5,6$  м, пройденому колесом, з кутом відводу шини  $\delta=3^\circ$  від моменту наїзду шини на одиничну нерівність зі швидкістю  $V_X=3,6$  м/с при показникові технічного стану амортизатора  $\chi=0\%$



## Економічна ефективність результатів дослідження

1. Економія матеріальних витрат, пов'язаних з модернізацією серійного обладнання, розрахована як різниця собівартості його штатних деталей і вузлів, що підлягають заміні, і собівартості знову встановлюваних деталей і вузлів становить 18270 грн. на одиницю без урахування виконуваних робіт. Таким чином, собівартість модернізованого обладнання стає менше існуючого приблизно на 10%.

2. Річний економічний ефект, отриманий в результаті впровадження удосконаленої методики діагностування автомобільних гасильних елементів підвіски на основі характеристик зчеплення шин з опорною поверхнею в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «Авто-альянс» становить 163415,05 грн., Або 124,27 грн. на один АТЗ.

Термін окупності модернізованого стенду складає 1,61 року.



## Додаток Б

## Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

**ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Підвищення якості діагностування гасильних елементів підвіски в умовах станції технічного обслуговування автомобілів «АВТО-АЛЬЯНС» село Стрижівка Житомирської області

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unichesk**

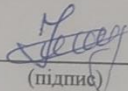
Оригінальність 90,2 % Схожість 9,8 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

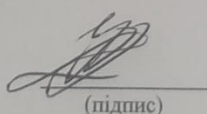
1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

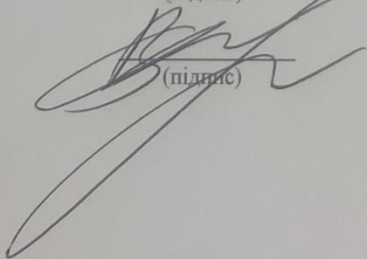
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Цимбал О.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи  Устій В.Ю.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Огневий В.О.  
(підпис) (прізвище, ініціали)