

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia з дослідженням параметрів діагностичного стенду

Виконали: студенти 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274 МАм-62

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	<u>Заставний О.А.</u> (прізвище та ініціали)
	(підпис)	<u>Чехович І.М.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	<u>Гевко І.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	<u>Левкович М.Г.</u> (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	(підпис)	<u>Цьонь О.П.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«20» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Заставному Олегу Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia з дослідженням параметрів діагностичного стенду

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.

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

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1071, 4/7-1071

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Характеристика технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Схема приводу робочої гальмівної системи – 1А1.

Аналіз принципів дії ABS та відтворення їх динаміки – 2А1.

Процес діагностики гальмівної системи АТЗ із вбудованою ABS – 1А1.

Стенд для перевірки стану гальмівної системи автомобілів – 1А1.

Технологічна карта діагностики гальмівної системи – 1А1.

Гальмівний стенд. – 1А1.

Привідний механізм стенду – 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 20.11.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	24.11.2023	
2	Технологічний розділ	30.11.2023	
3	Конструкторський розділ	05.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	07.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	14.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	21.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент

(підпис)

Заставний О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гевко І.Б.

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«20» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Чеховичу Івану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia з дослідженням параметрів діагностичного стенду

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.

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

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1071, 4/7-1072

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи Характеристика технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia

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

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Привідний механізм стенду – 2А1.

Обладнання для прокачування гідравлічної системи гальм – 2А1.

Гідроциліндр робочий – 1А1.

Привід головного циліндра – 1А1.

Результати наукових досліджень – 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 20.11.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	24.11.2023	
2	Технологічний розділ	30.11.2023	
3	Конструкторський розділ	05.12.2023	
4	Науково-дослідний розділ	07.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	14.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	21.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	25.12.2023	

Студент

(підпис)

Чехович І.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гевко І.Б.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Удосконалення технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia з дослідженням параметрів діагностичного стенду».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Гевко І.Б.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 123 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини 4 сторінки додатків.

Ключові слова: гальмівна система, діагностичний стенд, ефективність гальмування, гальмівний диск, гальмівні колодки.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 Аналіз методів діагностування на стендах та на дорога	11
1.2 Огляд систем, які покращують стійкість під час гальмування, таких як ABS, ESP і EBD.....	14
1.3 Висновки та постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи магістра.....	21
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	23
2.1 Аналіз принципів дії ABS та відтворення їх динаміки.....	23
2.2 Моніторинг та оптимізація роботи гальмівної системи разом з ABS умовах повноопорного гальмівного роликового стенду.....	37
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	53
3.1 Покращення процедур тестування гальмівних систем автомобілів з ABS на роликових стендах.....	53
3.2 Оптимізація критеріїв та настанов для використання гальмівних роликових стендів.....	56
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	61
4.1 Показники і параметри для дослідження.....	61
4.2 Аналіз функціонування системи.....	62
4.3 Вивчення взаємозв'язку між гальмівною силою, зусиллям на педаль і тиском у системі при плавному натисканні на гальмівну педаль.....	66
4.5 Бічні відхилення на колесах під час гальмування.....	77
4.5 Моделювання силових параметрів гальмівної системи на основі даних лабораторних тестів.....	81
4.6 Визначення актуальних показників гальмівних сил, залежно від приводного зусилля чи тиску в гідроприводі.....	88
4.7 Аналіз збігу модельних даних із реальними показниками гальмування....	91
4.8 Важливість та вплив отриманих в результаті дослідження даних.....	97
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	100

	8
5.1 Шум і інфразвук та мікроклімат у кабінах автомобіля.....	100
5.2 Додаткові вимоги до вантажних автомобілів, причепів, напівпричепів	109
5.3 Моніторинг надзвичайних ситуацій.....	113
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	119
БІБЛІОГРАФІЯ.....	121
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Сучасний автомобільний ринок вимагає від виробників та сервісних центрів не тільки високої якості виробництва автомобілів, але й якісного обслуговування та діагностування їх систем. Гальмівна система є однією з ключових складових кожного автомобіля, від її працездатності безпосередньо залежить безпека руху на дорозі. Автомобіль Skoda Octavia заслужив популярність на глобальному ринку завдяки своєму надійному збору та високим стандартам безпеки. Але, як і будь-яка техніка, він потребує регулярного обслуговування та діагностування.

Однак існуючі технологічні процеси діагностування можуть мати певні обмеження або недоліки, що знижують ефективність діагностики та збільшують ризики для безпеки. Важливістю цього дослідження є прагнення вдосконалити процес діагностування гальмівної системи Skoda Octavia з дослідженням параметрів діагностичного стенду, що дозволить оптимізувати цей процес та зробити його більш точним і ефективним.

Дослідження спрямоване на вдосконалення технологічного процесу діагностування автомобілів з метою поліпшення якості діагностики, скорочення часу виконання процедур і підвищення безпеки експлуатації автомобілів на дорозі. Це дуже важливе завдання, оскільки вчасна і точна діагностика автомобілів може значно підвищити їхню надійність і знизити ризик аварій.

Основні аспекти вашого дослідження включають такі:

Аналіз поточного стану технологічного процесу діагностування: Ви проводите оцінку і аналіз існуючих методів і технологій, які використовуються для діагностики автомобілів. Це може включати в себе огляд доступних інструментів, обладнання і програмного забезпечення для діагностики, а також методику виконання діагностичних процедур.

Вивчення параметрів діагностичного стенду: Ви проводите детальний аналіз та вивчення параметрів і характеристик діагностичного стенду, який використовується для діагностики автомобілів. Це може включати в себе характеристики обладнання, датчики, методи вимірювання і обробки даних.

Розробка рекомендацій з вдосконалення: На основі аналізу поточного стану і вивчення параметрів діагностичного стенду, ви розробляєте рекомендації щодо покращення якості і швидкості діагностики автомобілів. Ці рекомендації можуть включати в себе запропоновані зміни в методології, використання нових технологій або вдосконалення існуючого обладнання.

Підвищення безпеки експлуатації автомобілів: Однією з головних цілей є забезпечення безпеки автомобільних транспортних засобів. Ви розглядаєте можливість вдосконалення діагностичних методів і процедур таким чином, щоб уникнути потенційних нещасних випадків, які можуть бути результатом неправильної діагностики або неналежної експлуатації автомобілів.

Застосування результатів дослідження: Важливо також розглянути можливість впровадження рекомендацій і здобутих знань у практиці, щоб покращити якість обслуговування автомобілів і підвищити рівень безпеки на дорогах.

У вашому дослідженні ключовою є методологія та аналітичний підхід, які допомагають зрозуміти, як можна оптимізувати і поліпшити діагностичний процес для користувачів автомобілів та гарантувати їхню безпеку на дорозі.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз методів діагностування на стендах та на дорогах

Після розгляду методів стендових випробувань можна побачити, що в умовах експлуатації вони мають деякі обмеження порівняно з методами дорожніх випробувань.

На відміну від стендових випробувань, проведення дорожніх випробувань вимагає певних умов. Зокрема, для тестування гальмівної системи автомобіля потрібно вибирати ділянку дороги з гладким покриттям, яка забезпечує високий коефіцієнт зчеплення в будь-яку пору року, а також дозволяє розганятися до необхідної швидкості (відповідно до ДСТУ 3649:2010, вона становить 35-45 км/г). Такі ділянки дороги повинні постійно підтримуватися в належному стані та при необхідності оброблятися від опадів. Водночас стенди для випробувань, які знаходяться в закритих приміщеннях, не потребують такого ретельного догляду та забезпечують стабільні умови для проведення випробувань протягом усього року.

Стендові методи діагностики спрямовані на виявлення та локалізацію проблем у системах автомобіля. Завдяки сучасним діагностичним інструментам, ці методи не тільки вказують на загальні неполадки, але і допомагають визначити специфічні параметри, такі як гальмівні сили кожного колеса чи моменти, створені гальмівними механізмами. Така деталізована інформація, сприяє точному виявленню та усуненню несправностей.

Використання стендів при технічному обслуговуванні гальмівних систем автомобілів може значно покращити ефективність процесу. Їх інтеграція в технологічний процес дозволяє зекономити ресурси, зокрема за рахунок зменшення потреби в робочій силі та підвищення якості діагностики. Крім того, стенди полегшують визначення необхідних корективних дій та контролює якість виконаних регулювань.

Ефективна діагностика несправностей сприяє зменшенню витрат під час ремонту. Коли проблеми визначаються швидко та точно, це знижує час на їх пошук, кількість помилок і зайвих робіт. В результаті, економляться ресурси,

зокрема запасні частини, а також знижується час простою автомобіля під час ТО і ремонту.

Роликові гальмівні стенди виявляються більш вигідними у порівнянні з площадковими при діагностуванні. Ці стенди є більш компактними та ефективними, оскільки не потребують розгону автомобіля для тестування, що є корисним при необхідності повторних випробувань або регулювань.

При дорожніх випробуваннях, які відповідають стандартам, використовуються ділянки дороги з високим коефіцієнтом зчеплення, що забезпечує найкращу стійкість автомобіля під час гальмування. Однак при вологому покритті через опади цей коефіцієнт може суттєво знизитися, що може призвести до втрати контролю над автомобілем. Така ситуація може виникнути через технічний стан машини або її конструктивні особливості, які не були виявлені під час сухих випробувань.

У додаткових рекомендаціях до правила №13 СЕК ООН і Директиві 71/320/ЕЕС розглядається можливість випробувань автомобілів на дорогах із зниженим коефіцієнтом зчеплення. Проте створення та утримання таких доріг вимагає великих витрат, тому цей метод не є ефективним для широкого використання та масового контролю.

При стендовому діагностуванні можливе детальне вимірювання гальмівних сил для кожного колеса, що допомагає аналізувати їх рівномірність на осі. Це в свою чергу допомагає визначити стабільність автомобіля під час гальмування. Такий підхід дозволяє отримати більш точні дані, ніж методи випробувань на дорожніх покриттях з високим коефіцієнтом зчеплення.

При такому підході можна застосовувати різні стандарти для коефіцієнта нерівномірності гальмівних сил в залежності від категорії транспортного засобу.

Є декілька проблем у стендових методах тестування автомобілів:

Складно координувати різні параметри, що зв'язані між собою.

Не завжди можливо отримати точні та однакові результати при різних умовах тестування.

Існують розбіжності між режимами тестування та реальними умовами експлуатації.

Деякі методи надто віддалені від реальних умов експлуатації автомобілів.

Тільки деякі стенди відтворюють реальний перерозподіл сил при гальмуванні.

Стенди часто мають властивості, які відрізняються від реальних дорожніх умов.

Стендові методи не завжди надають достовірної інформації про поведінку автомобіля під час гальмування через проблеми із нормуванням.

Дорожні випробування, хоча і надають надійні результати, не завжди є оптимальними з наступних причин:

Потреба в специфічній ділянці дороги, яка повинна залишатись у гарному стані незалежно від погоди.

Великі витрати на точне вимірювальне обладнання для визначення початкової швидкості.

Строгі вимоги до інструментів для вимірювання сповільнення.

Труднощі у координації результатів тестування за різними критеріями.

Обмеження дорожніх випробувань в розв'язанні тільки однієї діагностичної задачі - встановлення відповідності стандартам безпеки. Для виявлення конкретних причин проблем потрібні додаткові методи.

Стендові методи є оптимальними завдяки їхній технічності та можливостям діагностики. У процесі технічного обслуговування вони не тільки перевіряють відповідність гальмівних систем стандартам безпеки, але й допомагають виявляти дефекти, проводити якісний контроль та регулювальні роботи.

Через обмеження стендових випробувань, їх результати можуть відрізнятися від результатів дорожніх випробувань, іноді давая неточні дані.

Щоб зрівняти результати різних стендових методів і дорожніх випробувань, важливо досягти консистентності даних з гальмівних стендів силового типу при випробуванні ДТЗ у різних умовах і забезпечити їх відповідність до дорожніх тестів.

1.2 Огляд систем, які покращують стійкість під час гальмування, таких як ABS, ESP і EBD

Для забезпечення стійкості автомобілів під час гальмування використовують технології, що контролюють негативні фактори. Сьогодні існує безліч пристроїв та систем для цього: вони забезпечують синхронізацію гальмів, розподіляють гальмівну силу між колесами, запобігають їх блокуванню і зберігають стабільність автопоїздів, обмежуючи рух поворотних пристроїв причепів.

Серед інструментів для підтримки стабільності автомобіля під час гальмування, найпоширенішими є:

Системи розподілу гальмівних сил (EBD);

Антиблокувальні системи (ABS).

Основою для систем контролю зчеплення коліс з дорожнім покриттям є ABS, система, яка контролює процес гальмування. Технології, такі як EBV, EDS, CBC, ABSplus та GMB, базуються на принципах ABS, додаючи до неї додаткові функції через програмне забезпечення або додаткові компоненти.

Система ASR є розвитком системи ABS і, крім гальмівного контролю, вона взаємодіє з двигуном. Системи, такі як M-ABS і MSR, керують гальмуванням, опираючись головним чином на управління двигуном.

Системи контролю зчеплення з дорогою можуть бути двох типів: одні втручаються лише в гідравлічну частину гальмівної системи, інші мають можливість керувати двигуном або, у випадку з автомобілями з АКПП, коробкою передач.

До категорії систем, які працюють, переважно, через втручання в гальмівну систему, входять:

- ABS (система проти блокування коліс);
- EBV (електронне регулювання гальмівних сил);
- ESBS (система оптимізації гальмування на поворотах);
- EDS (електронне блокування диференціала);
- ABSplus (покращена версія ABS);
- GMA (система контролю гальмівного моменту).

До категорії систем, що комбінують керування гальмами та двигуном, входять:

- ASR (система запобігання проковзуванню коліс);
- MSR (система підтримки гальмування двигуном);
- M-ABS (антиблокувальна система з розширеним керуванням двигуном).

Системи контролю адгезії коліс виникли як вдосконалення ABS. Велика частина систем, про які йде мова, є модифікацією базової функції ABS через програмні алгоритми. Деякі з цих систем можуть незалежно працювати на авто з ABS без необхідності в ESP.

Функція EDS потребує спеціалізований гідравлічний модуль для своєї роботи. За допомогою ESP автомобіль автоматично коригує свій рух, якщо система виявляє відхилення реальної траєкторії від заданої водієм. ESP вважається системою вищого рівня управління.

Регулятори гальмівних сил (EBV) служать для рівномірного розподілу гальмівного навантаження між осями автомобіля. Їх основна задача - забезпечити оптимальний контакт коліс з дорогою та уникнути передчасного блокування передніх коліс під час гальмування в різних умовах.

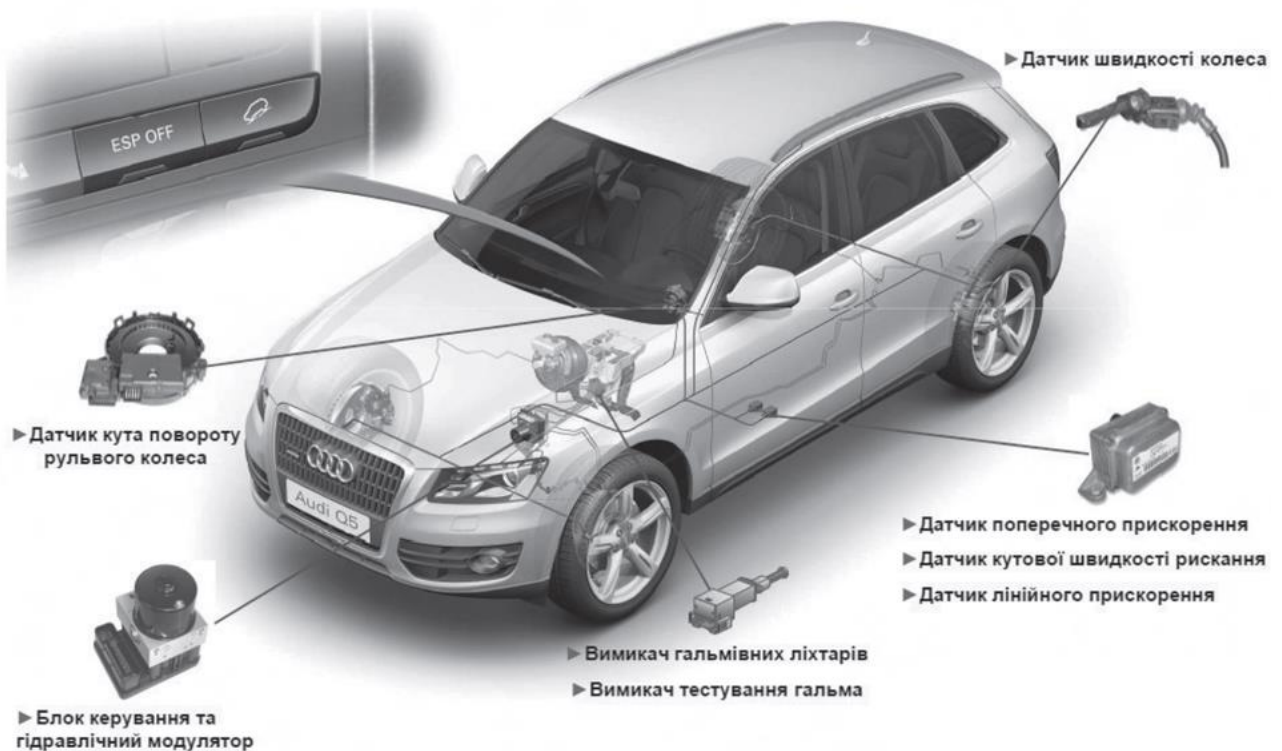


Рис.1.1 Будова ESP.

Регулятори гальмівних сил, розміщені на задній осі двовісного

автомобіля, контролюють тиск у задніх гальмівних системах, запобігаючи передчасному блокуванню задніх коліс, але не усуваючи можливість їх блокування взагалі. За допомогою EBV підтримується курсова стійкість автомобіля при гальмуванні, надаючи йому захист від потенційного заносу. Крім того, ці регулятори допомагають зробити навантаження на передні та задні гальма більш збалансованим під час звичайного гальмування.

Регулятори гальмівних сил EBV працюють на основі взаємозв'язку між тиском у задніх гальмівних циліндрах (P_2) та тиском у передніх (P_1), що може бути зображено на графіку (див. рис. 1.2).

Робочу характеристику регулятора можна описати за допомогою двох ключових показників:

Позиція активації n , що вказує на те місце на графіку, де P_1 дорівнює P_2 . До цієї точки регулятор не робить корекцій у дії гальмівного механізму;

Значення передачі b_0 , обчислене як тангенс кута нахилу робочої лінії регулятора при перевищенні певного тиску ($p > p_{10} = p_{20}$).

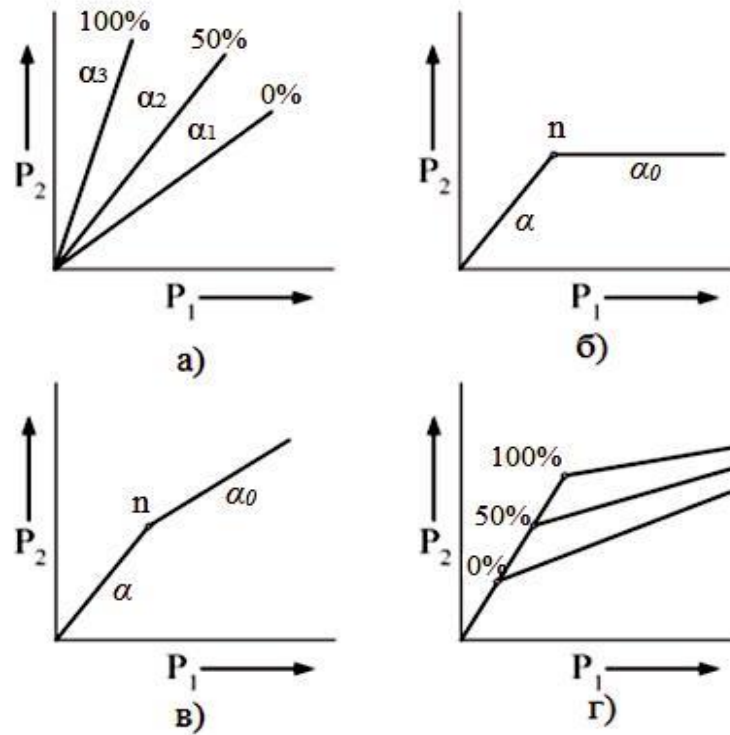
В залежності від особливостей роботи, регулятори тиску EBV можуть бути двох типів:

Тискові обмежувачі, які при певних умовах ($p > p_0$) стабілізують тиск на задніх колесах. Ці регулятори мають коефіцієнт передачі b_0 , рівний нулю. Однак через певні особливості їхньої роботи, вони не стали широко поширеними.

Тискові регулятори, які після досягнення певної точки n модифікують свою характеристику. Для них характерний b_0 , менший за b . Ці регулятори використовуються набагато частіше.

Тискові компенсатори можуть бути різних конструкцій, серед яких:

- лінійні, де P_2 пропорційний P_1 (див. рис. 1.2 а);
- із сталою активаційною точкою (див. рис. 1.2 б);
- із стабільною активаційною точкою та регульованим клапаном (див. рис. 1.2 в);
- з регулюванням активаційної точки і адаптивним коефіцієнтом передачі (див. рис. 1.2 г).



Оперативні профілі EBV:

α – коефіцієнт передачі регулятора; P_1, P_2 – тиск у робочих циліндрах відповідно передніх і задніх гальмівних механізмів.

Під час дії EBV вони враховують різні параметри стану автомобіля. Так, залежно від їх дизайну, EBV можуть опиратися на такі показники, як ступінь осідання підвіски, інтенсивність тиску в гальмівній системі, лінійні та поперечні переміщення автомобіля тощо.

Регулятори гальмівних сил активно застосовуються в автомобільній промисловості, проте вони найбільш ефективні для автомобілів з короткою відстанню між осями та підвищеним центром тяжіння, а також для транспортних засобів, у яких велика дисперсія статичних і динамічних навантажень.

Основні переваги впровадження регуляторів гальмівних сил включають:

доступність за ціною порівняно з ABS;

стабільність гальмування без додаткових вібрацій, які можуть вплинути на ходову частину;

здатність гальмівної системи продовжувати роботу навіть при збоях в EBV;

їх використання не вимагає спеціальних вмінь водія.

Функціонування EBV залежить від ряду факторів, таких як правильність монтажу, стан ресорних опор та їх деформація, а також характеристики заднього моста. Оскільки EBV не має прямого зв'язку з колесами, вони можуть не компенсувати відмінності в зчепленні між колесами або різницю в гальмівних силах на одній осі. Це є однією з обмежень EBV.

Сучасні технології, які запобігають блокуванню коліс під час гальмування, відомі як ABS. Їх мета - гарантувати надійне гальмування в різних ситуаціях, зберігаючи контроль над автомобілем. Основна ідея ABS полягає в коригуванні гальмівних сил на колесах, забезпечуючи оптимальний баланс між ефективністю гальмування та керованістю машини.

В залежності від дизайну, ABS використовують різні методи роботи. Більшість цих методів базуються на системі керування гальмуванням із зворотнім зв'язком, яка реагує на рух колеса. Головний індикатор, на який орієнтується ABS під час гальмування, - це швидкість обертання колеса.

В усіх ABS є три ключові компоненти: датчики на колесах для визначення їх швидкості, електронний блок для аналізу цих даних та модулятор, що регулює тиск у гальмах. Структурна діаграма ABS зображена на рисунку 1.3.

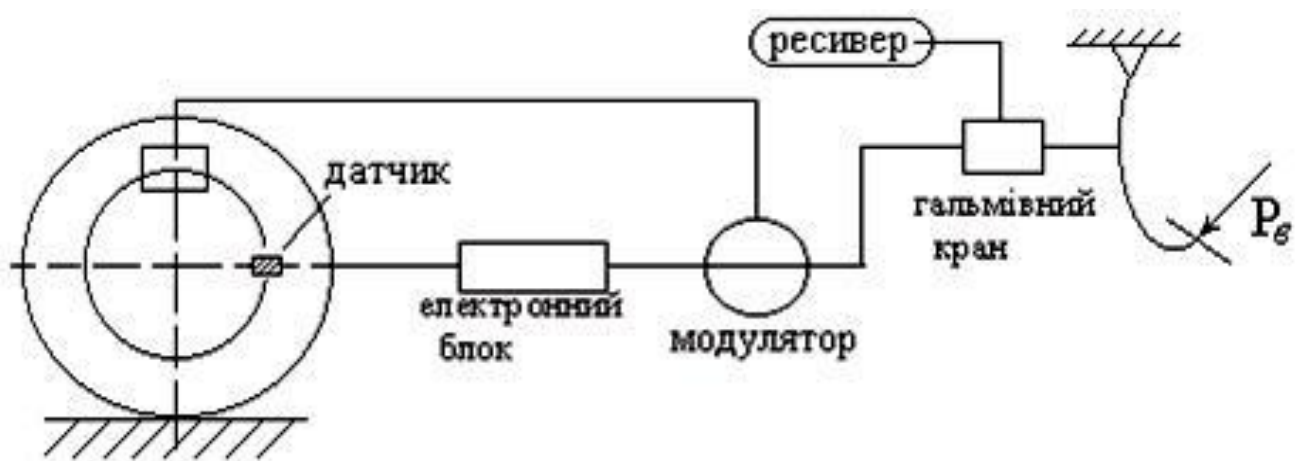


Рис. 1.3. Схематичне зображення системи ABS.

Під час гальмування системи ABS перешкоджають повному стоянню обертання як передніх, так і задніх коліс. Використовуючи ці системи, колеса підтримуються майже у стані блокування. У такому стані коефіцієнт зчеплення є на своєму піку, забезпечуючи оптимальне гальмування.

Завдяки системі ABS, що запобігає блокуванню коліс, курсова

стабільність машини оптимізується. Ця система регулює тиск у гальмівних механізмах таким чином, щоб між шиною та дорожнім покриттям утримувалось оптимальне тертя, дозволяючи максимальне гальмівне зусилля. Такий підхід допомагає підтримувати здатність колес відчувати бічні сили, забезпечуючи керованість авто.

Для опису ABS аналізують дві ключові залежності: перша показує, як тиск у гальмівному циліндрі змінюється з часом гальмування (див. рис. 1.4 а), а друга демонструє взаємозв'язок між ковзанням і питомою гальмівною силою (див. рис. 1.4 б).

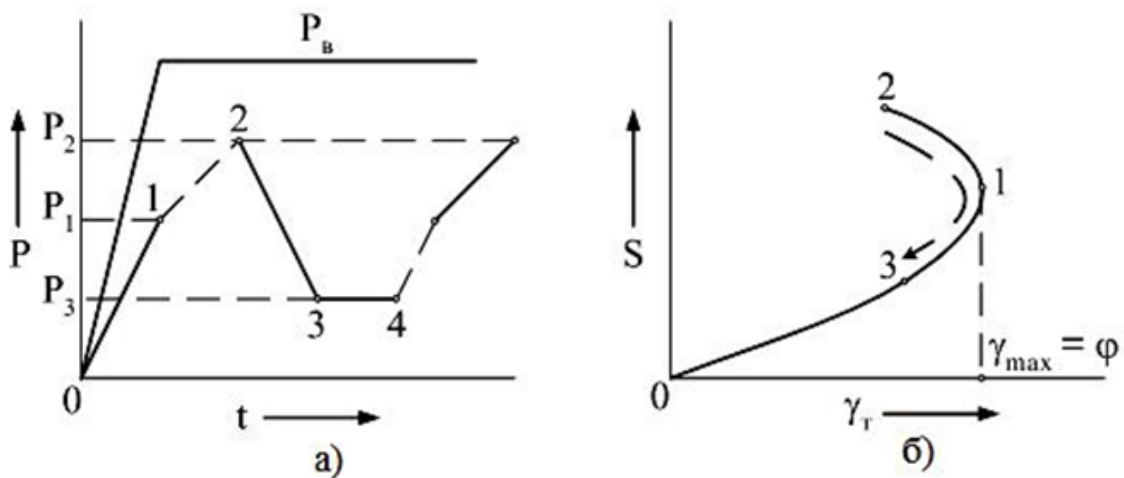


Рис. 1.5 – Графіки роботи ABS.

У системах ABS різноманітні конфігурації. У високоякісних системах кожне колесо регулюється окремо з власним датчиком та модулятором. Інші варіанти можуть мати два датчики для задніх коліс і спільний модулятор, або чотири датчики з двома модуляторами. Є також системи з трьома каналами, де передні колеса контролюються окремо, а задні - разом.

Система ABS підтримує керованість автомобіля під час гальмування, забезпечуючи гладке зниження швидкості. Також система адаптується до різних умов дорожнього покриття. Однією з особливостей ABS є можливість зберігати функціональність гальм у випадку її несправності.

Незважаючи на переваги ABS порівняно з EBV, ця система має свої слабкі сторони. Дослідження вказують на те, що робота ABS може бути порушена через непередбачені зміни навантаження на колесо, невідповідності в гальмівних механізмах або втручання електромагнітних полів. Окрім цього, висока вартість установки ABS є її істотним мінусом.

З урахуванням сучасних досягнень у сфері технологій та електроніки, дослідники активно працюють над вдосконаленням ABS, щоб забезпечити ще більшу стабільність автомобілів під час гальмування.

Сучасні підходи до забезпечення стабільності автомобілів під час гальмування включають електронні гальмівні системи, такі як EBS, розроблена компанією WABCO. Ця система базується на пневматичних технологіях, але додано електронне керування для підвищення ефективності. Схема автомобіля з такою системою можна побачити на рис. 1.5.

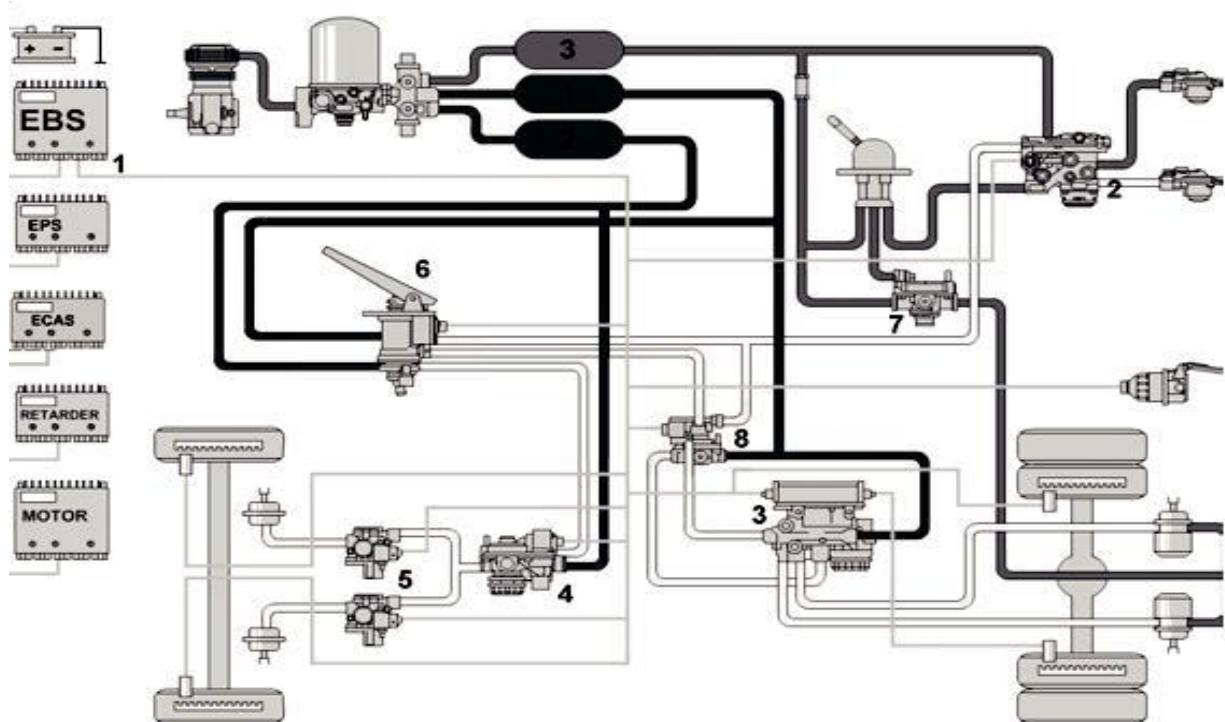


Рис. 1.5. Схема системи EBS для тягача:

- 1 - Центральний модуль EBS. 2 - Клапан управління гальмами причепа.
- 3 - Модулятор осі. 4 - Пропорційний клапан. 5 - Модулятор ABS. 6 - Датчик гальмівної педалі. 7. Клапан реле. 8. Розподільний клапан задньої осі.

Система EBS, аналогічно ABS, отримує дані про обертання коліс від датчиків на колесах. Під час гальмування, коли водій стискає педаль гальма, створюється не лише гідравлічний тиск, але й електричний сигнал. Використовуючи цей сигнал, пропорційний клапан контролює тиск у гальмівному механізмі передньої осі взаємодіючи з ABS. Модулятор тиску, оснащений електронним модулем, регулює тиск у гальмівних механізмах задньої осі. Додаткова стабільність під час гальмування досягається завдяки регулятору гальмівних сил в системі задньої осі.

Система EBS зменшує дистанцію гальмування та підвищує стабільність автомобіля під час гальмування. Користуючись датчиками, вона моніторить стан компонентів гальмівної системи, таких як гальмівні колодки, і інформує водія про будь-які аномалії.

Компанія WABCO створила систему EBS не тільки для тягачів, але й для причепів. Для забезпечення взаємодії між частинами використовується електричний коннектор, що передає інформацію через швидку мережу. Важливо відмітити, що тягачі з EBS можуть сполучатися із причепами, що мають стандартні гальмівні системи.

У випадку збою електронної частини EBS, пневматична гальмівна система продовжує працювати, забезпечуючи можливість гальмування, хоча і менш ефективно.

Однією з проблем цієї системи є велика вартість через дорогі електронні компоненти. Проте, якщо виробництво збільшиться, ціна може зменшитися.

Після дослідження ми розглянули конструкцію та принцип роботи основних систем, що забезпечують гальмування автомобілів. До них належать EBV і ABS. Вивчення показало, що ABS має переваги завдяки безпосередньому контролю коліс, але водночас існують й обмеження, такі як залежність від різних зовнішніх чинників і висока вартість.

Після детального вивчення різних гальмівних систем, особливу увагу було приділено електронній гальмівній системі (EBS). Вона комбінує переваги пневматичних систем з електронним управлінням, що забезпечує кращу реакцію під час гальмування. Незважаючи на її переваги над ABS, висока вартість EBS через використання складного електронного обладнання ускладнює її масове впровадження.

1.3 Висновки та постановка завдання на виконання кваліфікаційної роботи магістра

Основна мета: Вивчення та оптимізація технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia на базі аналізу параметрів діагностичного стенду.

Задачі. Вивчення існуючих методів діагностування гальмівних систем автомобілів.

Аналіз технічної документації та специфікацій гальмівної системи Skoda Octavia.

Дослідження параметрів діагностичного стенду для виявлення його потенційних слабких місць.

Розробка пропозицій щодо вдосконалення технічних та програмних засобів діагностичного стенду.

Тестування нових методів діагностики на практиці та аналіз результатів.

Розробка рекомендацій для оптимізації процесу діагностування гальмівної системи Skoda Octavia.

Методи виконання.

Аналітичний вивчення наукової літератури, технічних документів та інших джерел.

Експериментальний проведення практичних тестів на діагностичному стенді.

Статистичний обробка та аналіз отриманих результатів.

Комп'ютерне моделювання для визначення оптимальних параметрів діагностування та прогнозування роботи гальмівної системи в різних умовах.

Експертна оцінка консультації з фахівцями у галузі автомобільної техніки та діагностики.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз принципів дії ABS та відтворення їх динаміки

Система антиблокування коліс (ABS) визнана ключовою компонентою для забезпечення безпеки на дорозі, оскільки вона допомагає уникнути блокування коліс під час гальмування, забезпечуючи стійкість та контрольованість автомобіля. Багато аварій виникає через втрату контролю над автомобілем під час гальмування, і ABS вирішує цю проблему. Дослідження показують, що завдяки ABS можливо знизити ризик аварій на дорогах від 5 до 25%. Крім того, ця система дозволяє коротший гальмівний шлях, що може становити від 12 до 38%. Таким чином, автомобілі з ABS можуть рухатися швидше і в той же час безпечніше, зі збільшенням оптимальної швидкості на 17-30%.

Під час вивчення та розробки ABS математичне моделювання відіграє віддільний етап, допомагаючи інженерам глибше зрозуміти механізми дії системи. Важливість коректної математичної моделі ABS полягає у тому, що вона базується на чітко визначених структурних та функціональних параметрах системи. Цей аспект набуває особливої ваги для великих транспортних засобів, як-от автобуси, для яких нормативи вимагають наявності ABS високої категорії, відповідного ряду стандартів.

Математичні моделі та комп'ютерне моделювання ABS дозволяють не лише розробляти нові системи, але й модернізувати існуючі, підлаштовуючи їх під специфіку нових моделей автобусів. Такий підхід сприяє оптимізації ABS, забезпечуючи вищий рівень безпеки на дорогах.

При проектуванні ABS розглядається її модель як системи з зворотнім зв'язком, представлена на діаграмі 2.1. Основні параметри автобуса, які беруть участь у системі, включають переміщення центра мас (поздовжнє, поперечне та вертикальне), а також кути орієнтації кузова автобуса в різних площинах.

Центральним елементом системи є блок керування (БК), який отримує дані від сенсорів, обробляє їх та видає команди модулятору. Сенсори

спостерігають за кутовою швидкістю коліс, вертикальним навантаженням на колеса та іншими параметрами.

Іншою важливою частиною системи є регулятор гальмівних сил (РГС), який коригує гальмівні сили на основі вхідних даних. Основні зовнішні фактори, які впливають на роботу ABS, включають масу транспортного засобу, зчеплення коліс з дорожнім покриттям та опір руху.

У процесі роботи ABS важливо враховувати всі ці параметри та фактори для оптимального гальмування та забезпечення максимальної безпеки на дорозі.

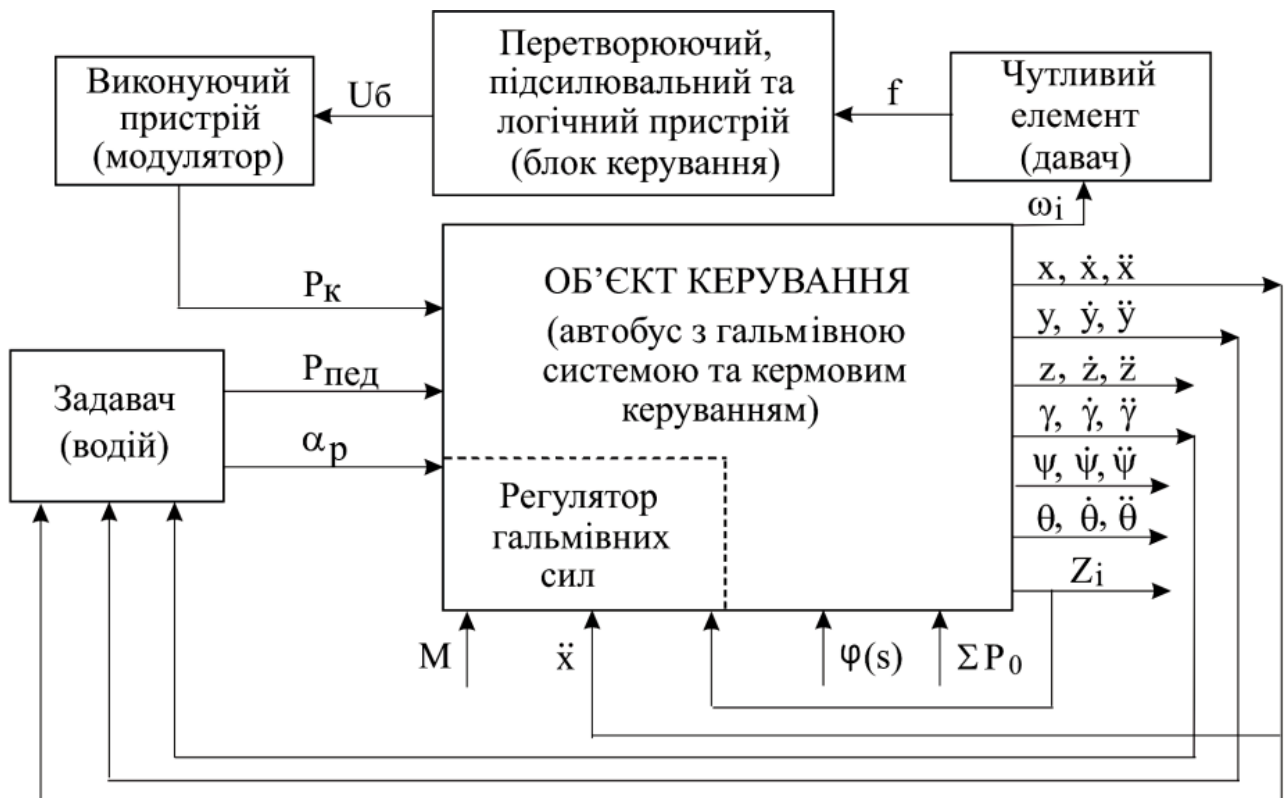


Рис. 2.1. Структурна компоновка антиблокувальної системи (ABS).

На діаграмі 2.1, крім основного контуру ABS, відображено важливу компоненту - взаємодію системи з водієм. Водій виступає як активний елемент у цій системі, оскільки він отримує інформацію про динаміку автомобіля (параметри x , y і γ) і реагує на неї, коригуючи свої дії. Зокрема, він може змінювати зусилля на гальмівній педалі ($P_{пед}$) або кут повороту керма (α_p), відповідно до ситуації на дорозі.

Цей додатковий зворотній зв'язок дозволяє забезпечити більш гладке та контрольоване гальмування, адаптуючись до реакції водія та умов дорожнього руху. Таким чином, система ABS не просто автоматично регулює гальмування,

але й надає водію можливість активно втручатися в процес, забезпечуючи максимальний контроль над автомобілем у критичних ситуаціях.

На рис. 2.2 зображено детальну функціональну схему ABS для окремого колеса, враховуючи ситуацію прямолінійного руху автобуса без коливань. Ця схема дає змогу глибше зрозуміти принцип дії системи гальмування для конкретної частини автомобіля.

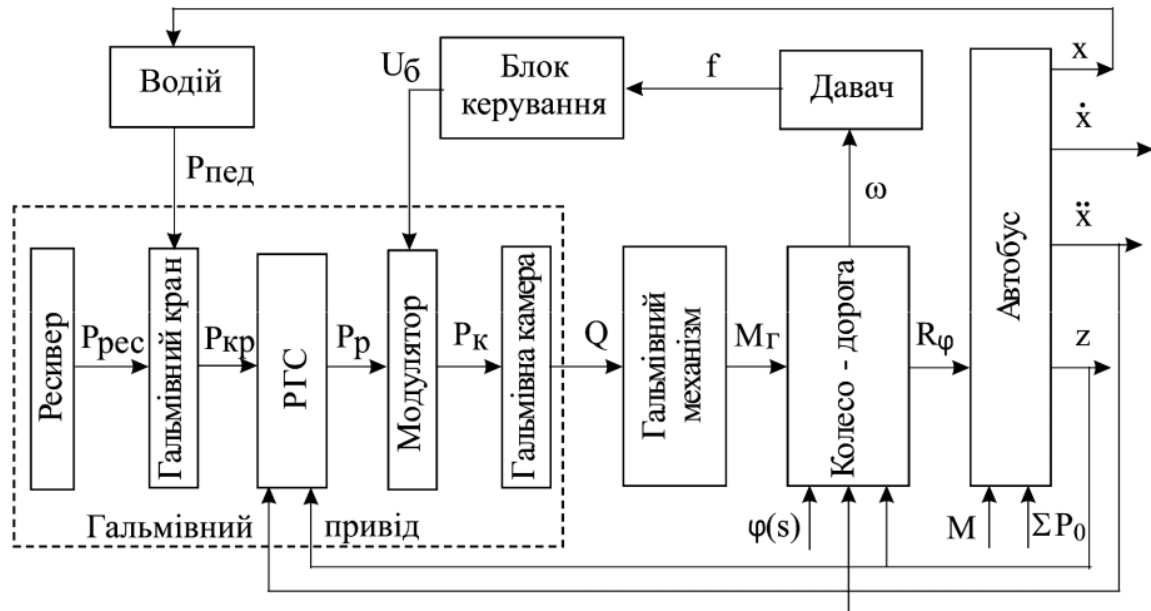


Рис. 2.2. Зображення специфіковану функціональну схему ABS для окремого колеса, припущаного.

Від ресивера отримуємо тиск $P_{\text{рес}}$, який потім передається до гальмівного крану з параметром тиску $P_{\text{кр}}$. Регулятор гальмівних сил (РГС) контролює тиск $P_{\text{р}}$, а модулятор в свою чергу регулює тиск $P_{\text{к}}$. Гальмівна камера перетворює цей тиск у зусилля Q , яке потім впливає на гальмівний механізм, створюючи гальмівний момент $M_{\text{Г}}$. Останнім етапом є взаємодія колеса з дорогою, де головним параметром є сила зчеплення R_{φ} .

Ця докладна схема допомагає інженерам та технікам краще розуміти роботу системи гальмування на рівні окремого колеса, що сприяє ефективній діагностиці та налагодженню ABS.

Діаграма, представлена на рис. 2.3, надає більше деталей щодо роботи системи. Вона відображає не лише основні компоненти ABS, але й показує, як мікропроцесори у блоку керування (БК) співпрацюють з різними частинами системи гальмування.

На цій діаграмі можна побачити:

В: водій, що надає команди системі;

Рес: ресивер, що зберігає гальмівну рідину;

ГКр: гальмівний кран, який регулює потік гальмівної рідини;

РГС: регулятор гальмівних сил, який контролює тиск в системі;

Мі: модулятор, що регулює гальмівний тиск;

ГК: гальмівна камера, де знаходяться основні компоненти гальмівної системи;

ГМ: гальмівний механізм, що безпосередньо гальмує колесо;

КД: підсистема "колесо-дорога", яка аналізує взаємодію між колесом і дорогою;

КК: система кермового керування, що забезпечує маневреність автомобіля;

Д: давач, який відстежує рух колеса;

БК: блок керування, який аналізує дані з давачів та відправляє команди іншим компонентам системи.

Ця більш детальна схема допомагає зрозуміти, як різні частини системи співпрацюють між собою, щоб забезпечити оптимальне гальмування.

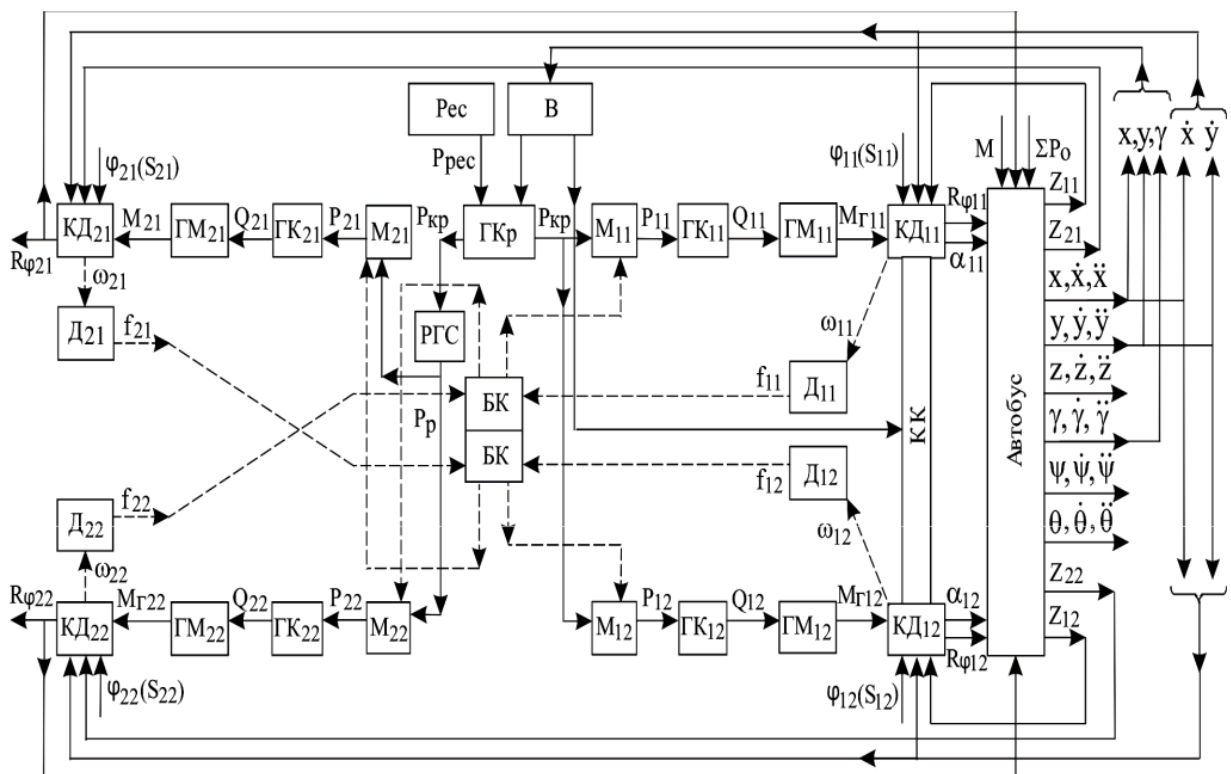


Рис. 2.3. Схематичне зображення ABS для просторової моделі автомобіля з чотирма колесами і системою коливань.

Схема на рис. 2.3 показує конфігурацію ABS, адаптовану до стандартів категорії 1 для автобусів. В цій конфігурації, кожен міст автобуса оснащений двома давачами і двома модуляторами, забезпечуючи оптимальний контроль гальмівної системи. Блок керування, який є центральною частиною системи, включає два мікропроцесори. Кожний з цих мікропроцесорів відповідає за контроль гальмівної сили на діагональних колесах (лівий передній і правий задній, а також правий передній і лівий задній). Така діагональна конфігурація допомагає забезпечити більш стабільне гальмування і підвищує безпеку під час руху.

ABS, в інтеракції з контрольованим об'єктом, представляє собою комплексну нелінійну структуру. Її математичне відображення базується на рівняннях, які відтворюють роботу таких підсистем як гальмівний механізм, взаємодія колеса і дорожнього покриття, а також загальні характеристики системи.

Для оптимізації розрахункових процедур та забезпечення їх відповідності до дійсних оперативних умов, при моделюванні гальмівного приводу рекомендується використовувати його упрощене математичне представлення. Так, рішення відповідного диференціального рівняння, яке характеризує процеси гальмування та розгальмовування, можемо виразити наступним чином:

$$P_k = m_H P_{pec} (1 - e^{-\frac{t}{T_H}});$$

$$P_k = P_m - m_0 P_m (1 - e^{-\frac{t}{T_0}}),$$

Піковий тиск у воздушному резервуарі (див. рис. 2.4, а).

Для систематизації послідовності фаз процесу регулювання тиску повітря та оптимізації програмного забезпечення, всі етапи цього процесу (етап збільшення, зменшення та утримання тиску) можуть бути виражені через одне загальне математичне рівняння.

$$P_k = P_{II} + U_{\delta} [m_H P_{pec} - 0,5(1 + U_{\delta}) P_{II}] \left[1 - e^{-\frac{(t-t_1)}{T_H}} \right],$$

У цьому рівнянні, під час гальмівного процесу, параметри задаються таким чином:

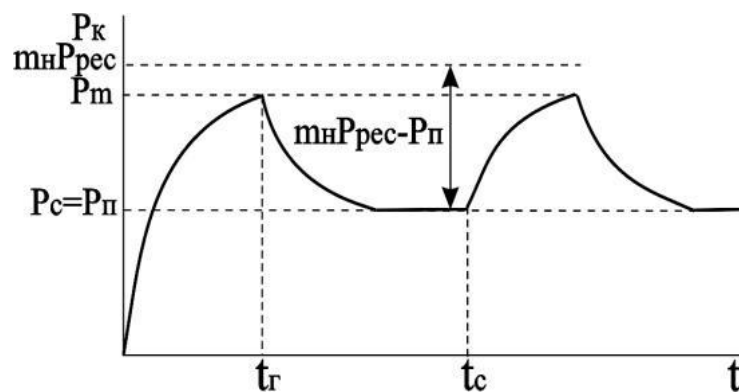
$$U_{\bar{o}} = 1; t_1 = t_c;$$

У виразі, під час розгальмовування, параметри визначаються наступним образом:

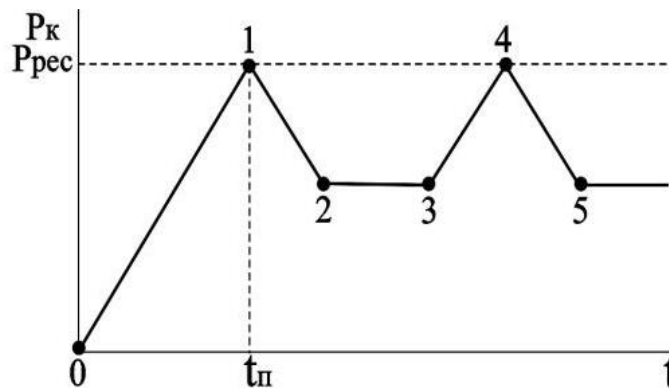
$$U_{\bar{o}} = -1; P_n = P_m; P_{pec} = P_m; m_n = m_o; T_n = T_o; t_1 = t_2;$$

В стадії стабілізації тиску, параметри можуть бути представлені таким чином:

$$U_{\bar{o}} = 0; P_n = P_c,$$



а



б

Рис. 2.4. Графіки зображення тиску повітря для трьохфазного циклу функціонування ABS, де (а) демонструє реальну динаміку тиску, а (б) відображає його лінеаризований аналог.

При аналізі гідравлічного гальмівного механізму можливо спростити розгляд зміни тиску протягом різних стадій за допомогою лінеаризації. Для цього можна використовувати апроксимаційний метод, який наближено описує реальний профіль зміни тиску в системі.

$$P_k = P_n + U_{\delta} \frac{P_{\text{pec}}}{T_{\text{нп}}} (t - t_n).$$

Вираз, що описує властивості гальмівної камери і її вплив на систему, може бути представлений у наступному математичному форматі:

$$Q = F_k (P_k - P_o),$$

Динаміка барабанного гальмівного механізму суттєво залежить від еластичності його основних компонентів: барабана, колодок та опорної системи. У випадку коли ця еластичність не є дуже великою, можна моделювати функціональну характеристику за допомогою полінома другого порядку, що підтримується даними інших дослідників. Однак, згідно наших спостережень, гальмівні механізми з високою жорсткістю елементів (такі як у автобусів класу М3) можуть бути відтворені з високою точністю за допомогою лінійних рівнянь, навіть після зносу барабанів. Така модель не враховує можливість гістерезису.

$$M_z = K_m Q,$$

Для аналізу динаміки гальмового колеса ми використовуємо рівняння динаміки обертової маси, яке часто використовується у вченими у відповідних дослідженнях.

$$J_k \omega = M_{\phi} - M_z,$$

При аналізі динамічних характеристик гальмового колеса ми застосовуємо стандартний підхід, використовуючи диференціальне рівняння обертової маси, яке є поширеним серед дослідників у цій галузі.

$$M_{\phi} = r_o R_{\phi} = r_o Z \phi(S),$$

$$S = 1 - \omega r_k V - 1,$$

Отримані наближені вирази для функції $\phi(S)$ представлені у наступному форматі:

$$\varphi = \frac{C_{\varphi} \varphi_k}{1 + \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_p} - 1 \right) \cdot \frac{(S - S_k)^2 S_p}{(S_p - S_k)^2 S}} \quad (\text{при } 0 \leq S \leq S_k)$$

$$\varphi = \frac{C_{\varphi} \varphi_k}{1 + \left[\frac{\varphi_k}{\varphi_1} - 1 + d_{\varphi} (1 - S) \right] \frac{(S - S_k)^2}{(1 - S_k)^2 S}} \quad (\text{при } S_k < S \leq S_1),$$

$$d_{\varphi} = \frac{S_q (\varphi_k - \varphi_q) (1 - S_k)^2}{\varphi_q (S_q - S_k)^2 (1 - S_q)} - \frac{\varphi_k - \varphi_1}{\varphi_1 (1 - S_q)}.$$

Для функції $\varphi(S)$ іноді використовують наближений метод за допомогою двох або трьох лінійних відрізків. При наближенні за допомогою двох лінійних відрізків рівняння для визначення коефіцієнтів цієї апроксимаційної залежності мають наступний вигляд:

$$\varphi = m + nS$$

Можна представити наступним чином:

$$\text{при } S \leq S_k, m = 0; n = K'_{\varphi i}; \text{ при } S > S_k, m = \varphi_0; n = K''_{\varphi i}.$$

Залежності для φ_0 , $K'_{\varphi i}$ та $K''_{\varphi i}$ можна знайти в дослідженні.

Вертикальна реакція на колесо розраховується відповідно до наступної формули:

$$Z_i = \frac{Mg \ell_i \pm \sum_{i=1}^{n_k} R_{\varphi i} h}{2L}.$$

У контексті чотирьохколісного автомобіля, параметри a і b відображають відстань від центра мас автомобіля до відповідно переднього та заднього колес. Значення

h представляє відстань від центра мас до поверхні дороги, тоді як L - це загальна відстань між передніми та задніми колесами, відома як колісна база. У механіці автомобіля ці параметри важливі для аналізу різних динамічних характеристик, таких як стабільність, маневреність та комфорт їзди.

Якщо загальний гальмівний ефект для автомобіля буде рівномірним, і центр мас автомобіля зберігає своє положення відносно осі. В такому випадку, сила тертя між колесом та дорожнім покриттям буде також рівномірно

розподілена між всіма колесами. Це забезпечить оптимальний гальмівний ефект та зменшить ймовірність заносу або проковзування коліс.

$$\sum_{i=1}^{n_k} R_{\varphi i} = Mg\varphi(S),$$

$$Z_i = \frac{Mg}{2L} [\ell_i \pm h\varphi(S)].$$

Однак у реальних умовах дорожнього руху існує безліч факторів, що можуть впливати на цю ідеальну ситуацію.

Різноманітність дорожнього покриття, вплив погодних умов, стан шин та навіть вагове розподілення пасажирів всередині автобуса можуть впливати на зчеплення кожного колеса з дорогою. Саме тому система ABS розроблена таким чином, щоб надавати індивідуальне регулювання кожному колесу, гарантуючи максимальну ефективність гальмування.

В ідеальних умовах, коли усі колеса автобуса мають однаковий коефіцієнт зчеплення з дорогою, автобус буде сповільнюватися рівномірно, забезпечуючи безпечне та контрольоване гальмування. Проте, щоб забезпечити надійність гальмування в усіх можливих умовах, система ABS має бути готова адаптуватися до змінних обставин.

$$\dot{V} = -\frac{\sum_{i=1}^{n_k} R_{\varphi i}}{M} = -\frac{Mg\varphi(S)}{M} = -g\varphi(S).$$

Ефективність гальмування будь-якого транспортного засобу в значній мірі залежить від роботи його системи ABS. Вона допомагає зберігати контроль над транспортним засобом під час гальмування, особливо на слизькому покритті.

У математичній моделі ABS для одноколісної системи ключову роль відіграє блок керування. Цей блок аналізує дані з різних сенсорів, що знаходяться на автобусі, та на основі цих даних визначає оптимальний тиск у силових пристроях приводу для досягнення максимального коефіцієнта зчеплення колеса з дорожнім покриттям.

На рис. 2.5 можна побачити, як ці різні елементи взаємодіють між собою. Ланка модулятор – привід відповідає за перетворення вхідного сигналу від блоку керування в конкретні дії щодо регулювання тиску в системі гальм.

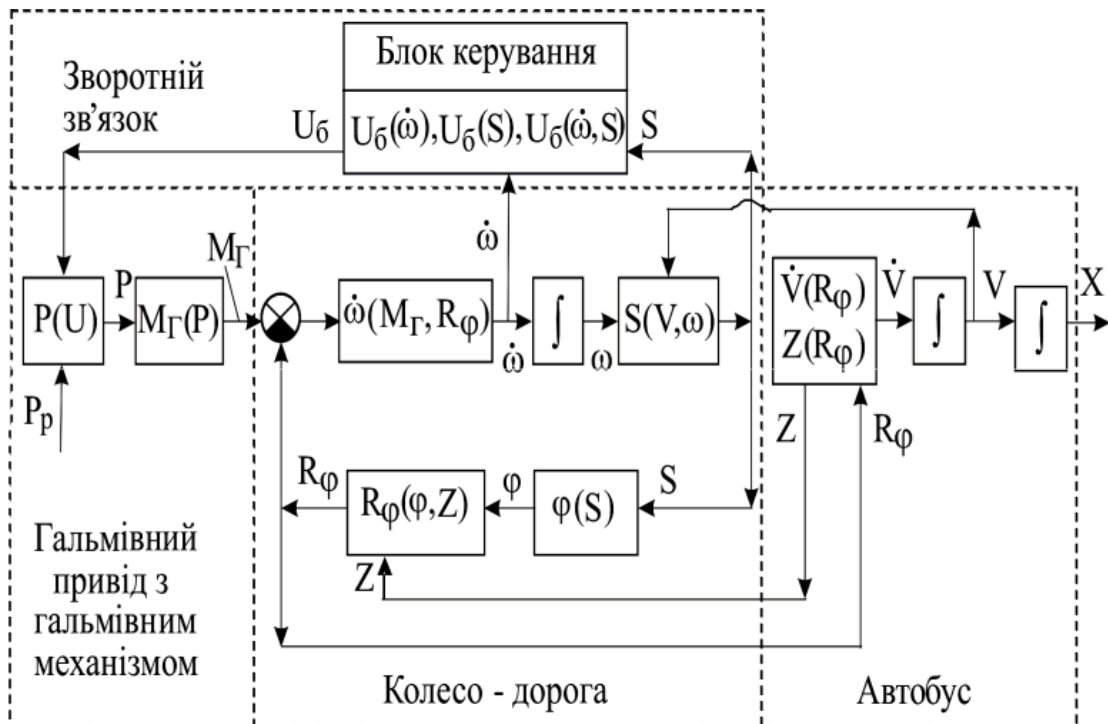


Рис. 2.5. Конструктивна модель ABS для окремого колеса.

Важливо також звернути увагу на комбіновану ланку подвійного інтегрування, яка відображає динаміку автобуса під час гальмування. Ця ланка допомагає моделювати рух автобуса, враховуючи його масу, швидкість та інші параметри.

В цілому, така математична модель дозволяє глибоко зрозуміти механізм роботи ABS і на основі цього робити висновки про її ефективність та можливі покращення.

Дані рівняння відіграють важливу роль при адаптації та оцінці роботи різних сценаріїв роботи ABS. Ці рівняння інтегровані у загальний математичний апарат, створений для аналізу процесів гальмування автобуса, що оснащений ABS. В даній моделі:

Автобус під час гальмування представлений через 24 диференціальних рівняння, що описують його динамічні властивості.

Гальмівний привід, що базується на пневматиці, розглядається як складна пневматична структура з декількома модулями, яка описується специфічними рівняннями розподілення.

Під час моделювання взаємодії колеса та дорожнього покриття була розроблена теорія, що зосереджується на загальних закономірностях і схожості динаміки цієї взаємодії у різних напрямках.

Всі ці моделі стали фундаментом для комплексу програм, що дозволяють досліджувати динаміку гальмування автобуса з ABS за допомогою числових методів. Також, ці рівняння були інтегровані у інструментарій Simulink в рамках платформи Matlab для детального моделювання роботи ABS автобуса.

Середовище моделювання ABS у Simulink в рамках платформи Matlab вирізняється інтуїтивністю завдяки візуальному підходу до програмування. Використовуючи стандартні блоки Simulink, можна легко створювати моделі динамічних систем. Додатково, інтерактивний інтерфейс дозволяє користувачам безпосередньо спілкуватися з програмою, одночасно аналізуючи графічні результати і налаштовуючи параметри моделювання.

Особливо цінною виявляється можливість інтеграції специфічних функцій у модель за допомогою блоку F_{cn} . Це розширює горизонти використання Simulink, дозволяючи додавати складні функціональні відношення або алгоритми, що базуються на декількох змінних.

В пакеті Simulink пропонується базова модель ABS, яка демонструє прості принципи роботи системи. Проте, для глибшого дослідження механізмів ABS була розроблена вдосконалена модель (див. рис. 2.6), яка детальніше відображає математичний опис системи, наданий вище.

Ця модель відрізняється від базової завдяки додаванню додаткових підсистем, таких як «функція взаємодії колеса і дороги» (рис. 2.7), «блок управління» (рис. 2.8) та «модулятор» (рис. 2.9 і 10). Окрім цього, удосконалена модель також відображає динаміку розподілу навантажень між колесами під час гальмування автобуса, що дає змогу дослідити вплив різних факторів на процес гальмування та ефективність ABS.

При розробці моделі взаємодії колеса з дорогою, представленої як функція $\varphi(S)$ (див. рис. 2.7), було застосовано вже існуючу математичну характеристику цієї взаємодії. Використовуючи цю характеристику, було створено специфічний блок F_{cn1} , що дозволяє враховувати особливості цієї взаємодії в загальній моделі ABS.

$$F_{cn1} = (u(2) * 0.8 / (1.0 + 2.0 * (0.8 / 0.57 - 1.0) * (u(1) - 0.25)^2 / (0.25 * u(1)))) +$$

$$+ (1.0 - u(2)) * 0.8 / (1.0 + (0.8 / 0.6 - 1.0 + 0.4046435 * (1.0 - u(1))) * (u(1) -$$

$$- 0.25)^2 / (1.0 - 0.25)^2 / u(1))) * 0.875,$$

$$u(1) = S; u(2) = 1 \text{ при } S \leq 0,25 \text{ і } u(2) = 0 \text{ при } S > 0,25.$$

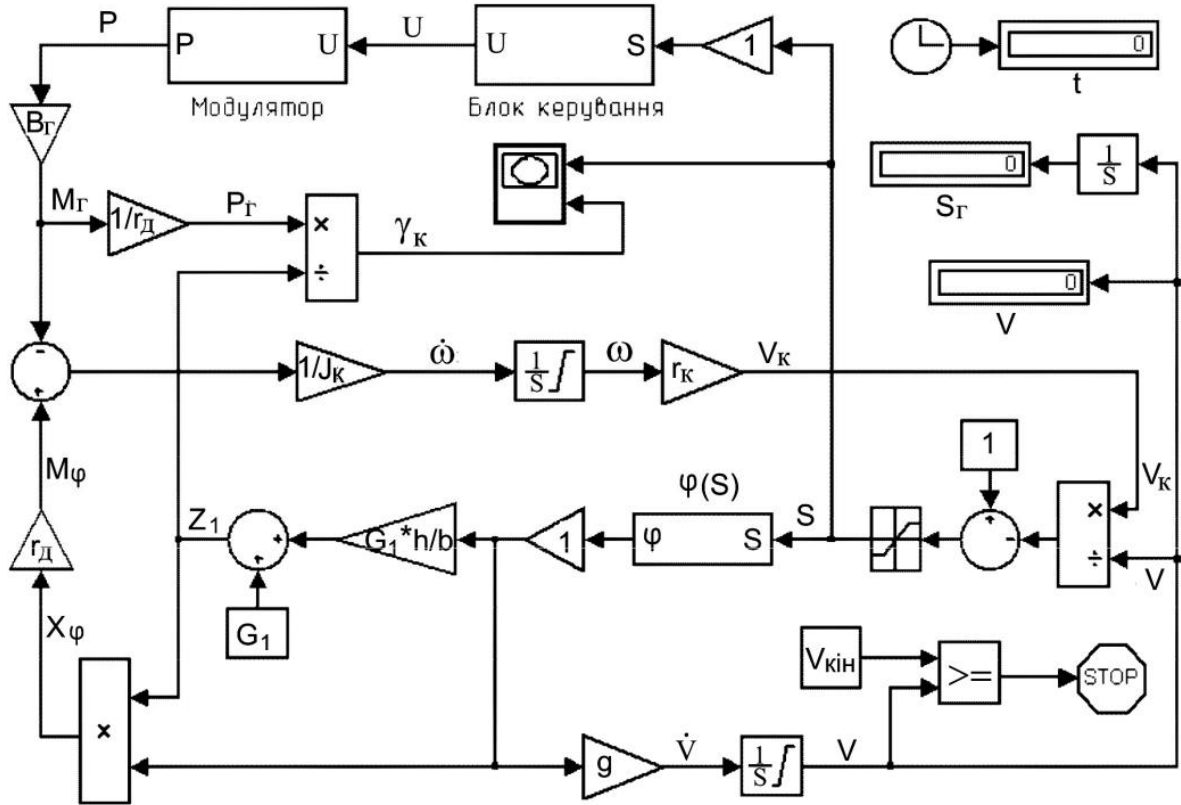


Рис. 2.6. Схематичне зображення ABS, створене за допомогою інструментарію Simulink в рамках програмного комплексу Matlab.

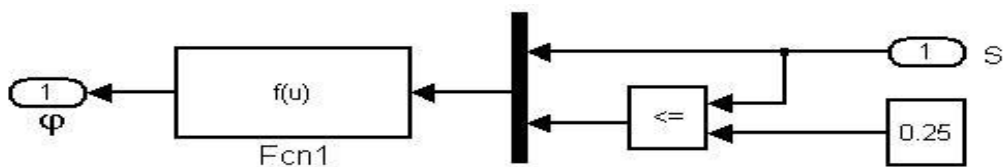


Рис. 2.7. Графічна репрезентація моделі, що описує взаємодію колеса з поверхнею дороги, під назвою функція зчеплення φ(S).

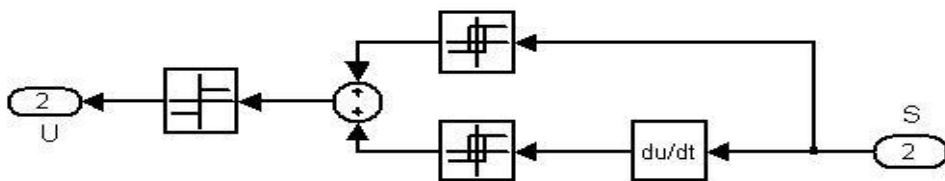


Рис. 2.8. Схематичне зображення підсистеми, відомої як блок керування.

В моделі підсистеми "блок керування" (рис. 2.8) керуючі параметри формуються на основі аналізу коефіцієнта проковзування S та його динаміки зміни, що характеризується першою похідною S' . Такий підхід забезпечує

більш чутливе та адаптивне керування процесом гальмування, що важливо для забезпечення стабільності автобуса на різних поверхнях дороги.

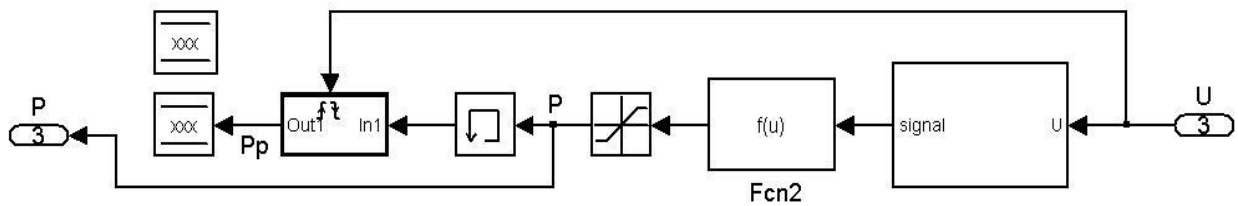
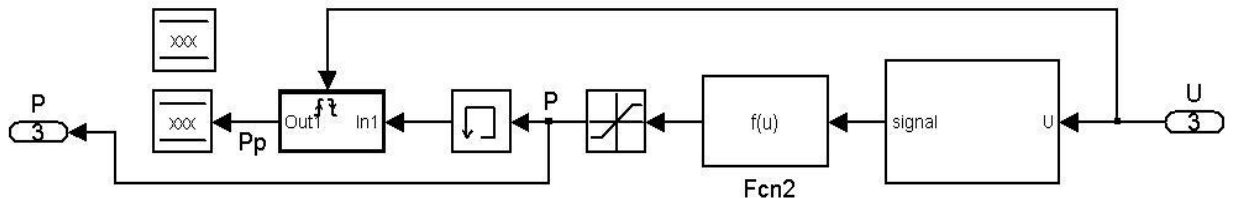


Рис. 2.9. Схема підсистеми модуляційний блок.



2.10. Схему формування робочих сигналів модуляційного блоку.

Зміни суть тексту та доповни. Під час моделювання модулятора (рис. 2.9) враховувалися експоненціальні закони наростання та падіння тиску в гальмівних камерах (для пневматичного приводу гальм). З врахуванням формули сформовано блок функції Fcn2.

$$F_{cn2} = u[3] + u[1] * (u[5] - 0.5 * (1 + u[1]) * u[3]) * (1 - \exp(-u[2] / u[4])),$$

де $u[1] \dots u[5]$ – операційні параметри модулятора, моделювання яких виконується на основі схеми, представленої на рис. 2.10.

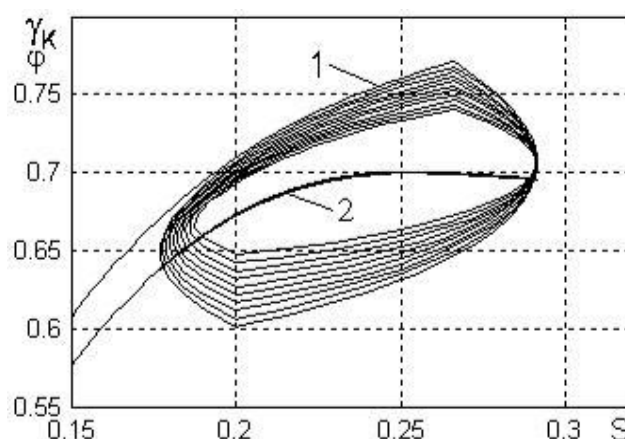


Рис. 2.11. Динамічний шлях гальмівної дії колеса з ABS, відображений за результатами моделювання у програмному середовищі Simulink:

$$1 - \gamma_k(S); 2 - \varphi(S)$$

У процесі моделювання обрано для аналізу переднє колесо автобуса вагою 13000 кг, обладнане системою ABS. Результати моделювання, що

відображають роботу ABS в двофазному режимі, представлено на рисунках 2.11 і 2.12,б.

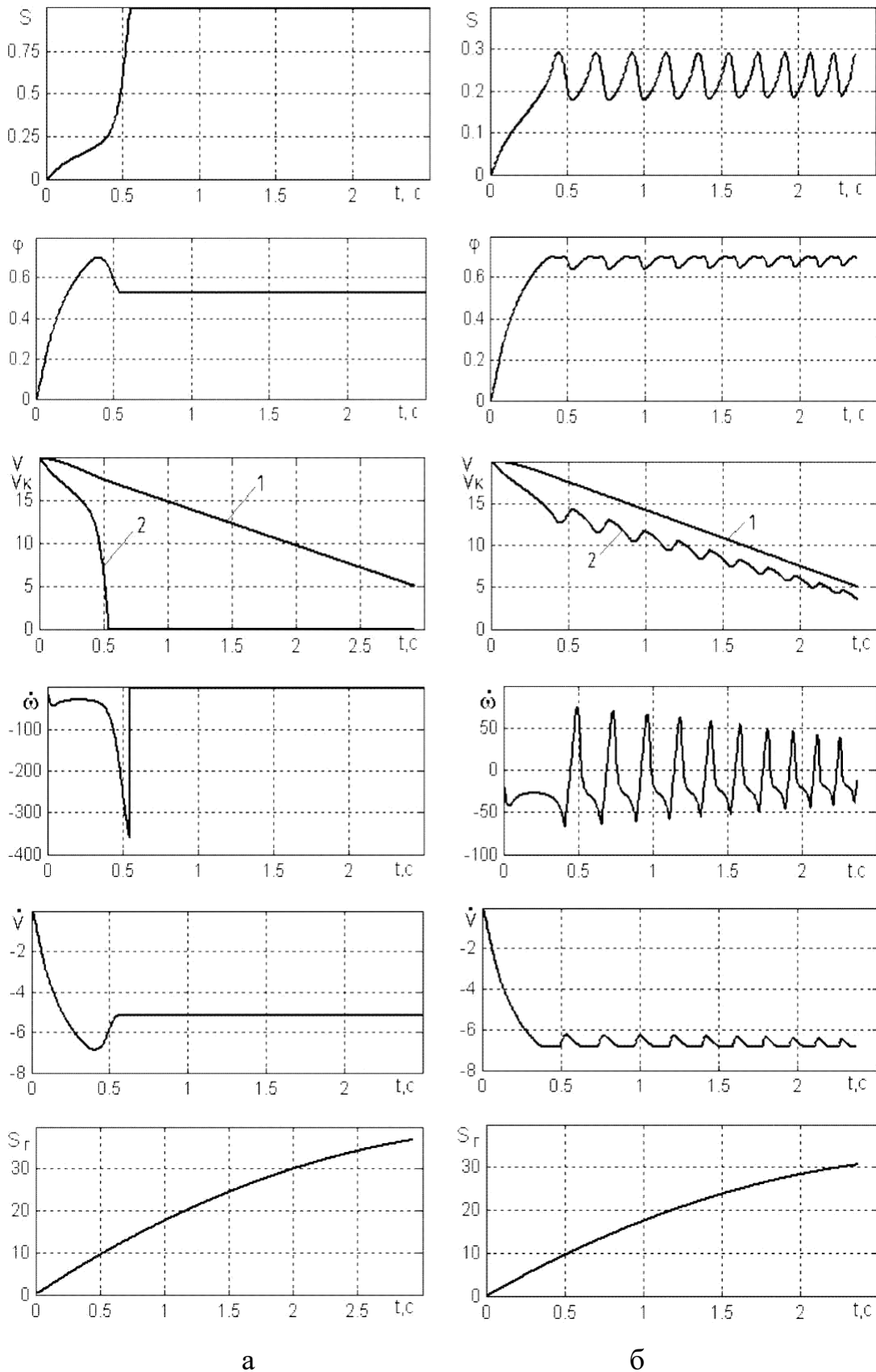


Рис. 2.12. Аналіз динаміки гальмування колеса за допомогою інструментів Simulink: а) без ABS; б) з працюючою ABS; 1 – $V(t)$; 2 – $V_k(t)$

Максимальне значення функції зчеплення $\phi(S)$ було задано як 0,7 ($C\phi = 0,875$). З метою порівняння, на рисунку 2.12,а наведені дані моделювання процесу гальмування аналогічного колеса без ABS. Отримані графіки демонструють, що в разі використання ABS колесо не блокується, що позитивно впливає на стійкість та керуваність автобуса при гальмуванні. При цьому гальмівний шлях S_r з системою ABS скорочується на 6,4 м в порівнянні з варіантом без ABS.

Використовуючи аналогічний підхід, було проведено моделювання робочих процесів ABS з трьох- та чотирьохфазними робочими циклами. Дані математичні та комп'ютерні моделі надають можливість оптимізації та детального вивчення впливу різних алгоритмів ABS на процес гальмування. Це також дозволяє докладно відстежувати зміни всіх параметрів гальмування в динаміці.

2.2 Моніторинг та оптимізація роботи гальмівної системи разом з ABS в умовах повноопорного гальмівного роликowego стенду

У практичному використанні автотранспортного засобу гальмівна система та ABS працюють взаємопов'язано. Щоб точно діагностувати їх роботу, обидві системи слід тестувати одночасно. Це передбачає діагностику при швидкостях, коли ABS активується. На практиці такий контроль здійснюється на спеціалізованому повноопорному гальмівному стенді.

Щоб глибше вивчити взаємодію АТЗ та повноопорного гальмівного діагностичного стенду, була розроблена система АПТКС (див. рис. 2.13). В цій системі ми детально проаналізували взаємозв'язки між компонентами. Аналіз гальмування АТЗ з активною ABS на такому стенді найкраще виконувати за допомогою математичного моделювання, зокрема використовуючи диференціальні рівняння. Це дало змогу виявити ключові точки взаємодії у системі АПТКС.

Система АПТКС, зображена на рис. 2.13, має два основних компоненти: блок АТЗ з інтегрованою ABS та діагностичний гальмівний стенд. АТЗ ілюструє симбіоз підресорених та невідресорених мас, підвіски, гальмівної

системи і ABS, яка об'єднана з ЕБУ та модулятором тиску. З другого боку, гальмівний стенд поділяється на механічну частину, що включає ролики, маховиці, ланцюгові передачі та редуктори, а також на електронний блок, до якого належать датчики, АЦП і ПК. Разом вони працюють на користь діагностики та оптимізації функціонування АТЗ.

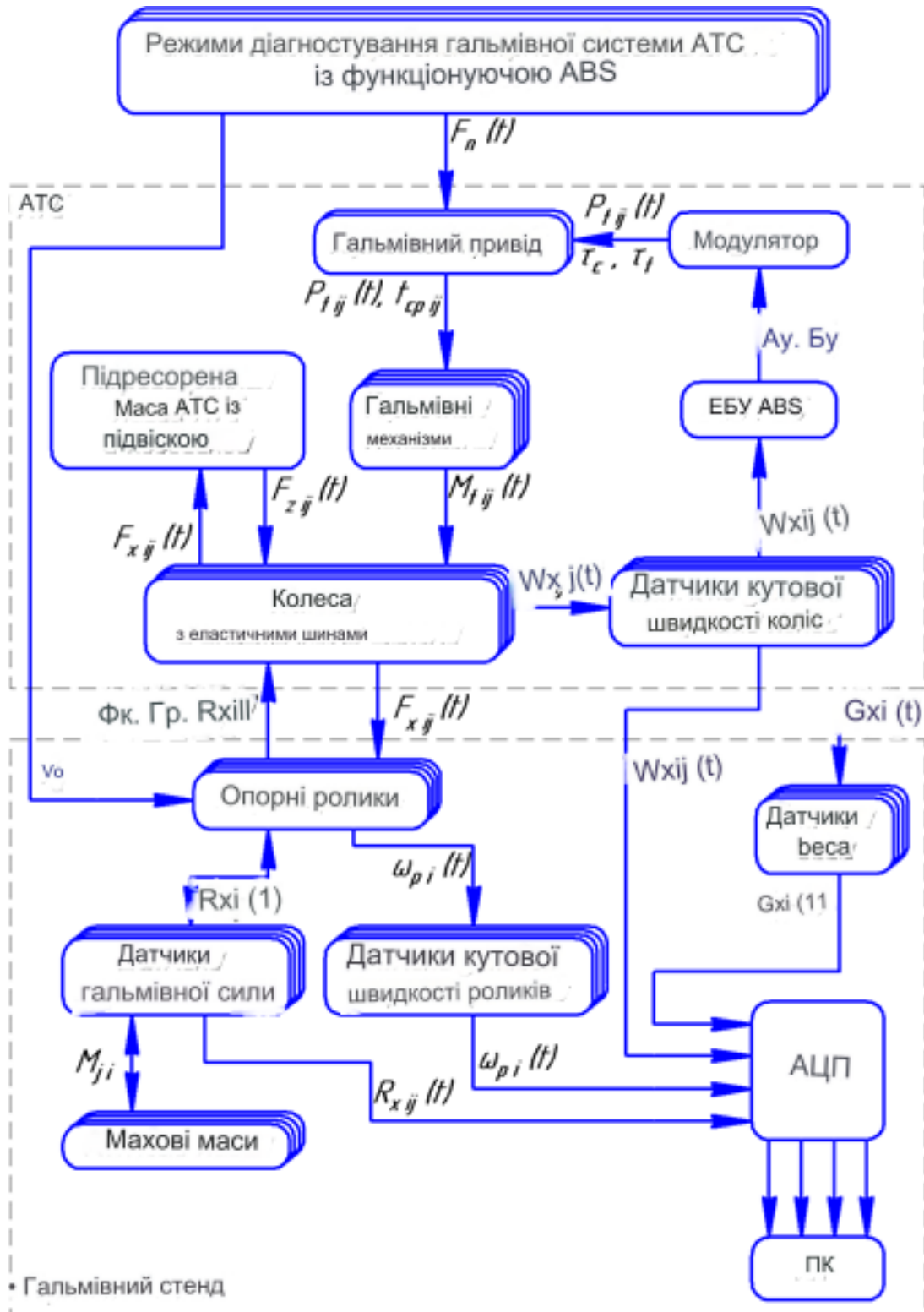


Рис. 2.13. Схематичне зображення процесу діагностики гальмівної системи АТЗ із вбудованою ABS.

У тестовому режимі швидкість коліс АТЗ дійде до показника V_a , що реалізується завдяки силовій установці самого транспортного засобу. Водій активує гальмівну систему, натискаючи на педаль гальма із зусиллям F_p . Цей процес супроводжується зміною тиску робочої рідини P_{tj} , яка направляє до гальмівних механізмів після короткої затримки t_{cp} . Ця дія генерує гальмівний момент M_{tj} , впливаючи на кутові швидкості коліс ω_{kij} . Вбудовані датчики ABS реєструють ці швидкості, передаючи дані до ЕБУ ABS. На основі цих даних ЕБУ ABS регулює тиск у гальмівному приводі P_{tj} . Крім того, датчики відправляють дані про кутові швидкості в ЕОМ стенда через АЦП, дозволяючи аналізувати ефективність гальмів.

Під час взаємодії коліс АТЗ з роликками діагностичного стенду, вони створюють поздовжні сили F_{xij} . Ці сили є комбінацією гальмівних сил F_{tj} і сил опору коченню F_{fij} . Відповідно, ролики діють на колеса з поздовжньою реакцією R_{xij} , яка залежить від коефіцієнта зчеплення їх поверхні ϕ_x . Під час гальмування, колеса намагаються згальмувати обертання роликів. Проте, завдяки з'єднанню з маховиками, ролики отримують додатковий інерційний момент M_{ji} , який виникає через збережену кінетичну енергію. Спеціалізовані магнітострикційні датчики на валах роликів реєструють гальмівні сили R_{xij} без фізичного контакту. Додатково, динаміка обертання роликів відстежується завдяки індуктивним датчикам, які фіксують зміни їх кутових швидкостей ω_{pi} під час гальмування.

Під час тестування на стенді, точки контакту між колесами АТЗ і опорними роликками створюють поздовжні реакції R_{xij} . Ці реакції передають навантаження на підвіску АТЗ, призводячи до динамічного перерозподілу ваги між передньою та задньою осі. Відбувається нерівномірний розподіл навантаження - передня вісь отримує більше ваги, в той час як задня ось стає менш навантаженою. Такі зміни також відображаються у силах F_{zij} , які проявляються взаємодією між колесами та підвіскою. Сучасний стенд оснащений датчиками, які відстежують ці зміни в навантаженні, гальмівній силі та швидкості обертання роликів. Всі ці дані через АЦП передаються до центрального комп'ютера для подальшого аналізу та інтерпретації.

Графічна представленість системи АПТКС детально ілюструє взаємодію різних компонентів під час гальмування АТЗ із активованою ABS. Ці компоненти включають такі аспекти як:

Динамічна перебудова навантаження між осями транспортного засобу.

Взаємодія між колесами АТЗ та опорними роликами діагностичного стенду.

Функціонування ЕБУ ABS та модулятора.

Особливості трення між колесами АТЗ та роликами стенду.

Потенційні відхилення між осі стенду та осі АТЗ.

Інерція та відповідь гальмівних систем на динамічні навантаження.

Ці чинники допомагають глибше розуміти механізми роботи гальмівної системи з ABS під час тестування на спеціалізованому стенді. Їх вивчення і аналіз дозволяють з'ясувати ключові причинно-наслідкові взаємозв'язки, що відбуваються в системі АПТКС під час діагностичних перевірок.

За нормами, під час стендових випробувань, ключовим параметром для вимірювання ефективності гальмування АТЗ є індекс гальмівної здатності γ . Для обчислення цього індексу гальмівної здатності γ використовується математичний вираз, який базується на поліноміальній залежності.

$$\gamma = f(R_x, R_z)$$

У результаті взаємодії, вектор дотичної реакції R_x може бути представлений за допомогою математичної формули, базованої на поліноміальному рівнянні.

$$R_x = f(R_z, \varphi_{x(s)}, M_{t(P_t)}, F_{f(t)}, I_k)$$

Відтискуючи силу взаємодії колеса АТЗ з поверхнею опорного ролика, вертикальну компоненту цієї сили, або нормальну реакцію R_z , можна представити через рівняння засноване на поліноміальному аналізі.

$$R_z = f(r_p, L_p, r_{k(R_z)}, c_{ui}, G_{k(t)}, \xi, \Delta x_{(t)}, \Delta z_{(t)})$$

Враховуючи взаємодію колеса з еластичною шиною і опорним роликом, можливість сковзання та інші динамічні фактори, коефіцієнт сковзання S може бути представлений за допомогою комплексного рівняння, заснованого на

поліноміальних відносинах. Це дає можливість адекватно оцінювати залежність між реальними умовами дороги, властивостями шини та опорного ролика.

$$S = f(\omega_{k(t)}, \omega_{p(t)}, \alpha_{(t)}, M_{t(P_i)}, I_k, I_p, c_p)$$

Використовуючи аналіз взаємодії автомобіля та гальмівного роликового стенду, було розроблено розширену математичну модель для вимірювання гальмівних параметрів у контрольованих умовах. Ця модель об'єднує:

Взаємодію між шиною та роликовою поверхнею, враховуючи особливості тренія та динаміку взаємодії.

Нелінійні характеристики гальмівної системи, специфіку її реакції та взаємодію з АБС.

Динаміку гальмування, включаючи перекочування коліс, їх взаємодію з роликами та вплив на розподіл навантаження автомобіля.

Особливості підвіски та її вплив на гальмівний процес, включаючи крутильні коливання та адаптацію до дорожнього покриття.

Потенційні аномалії, такі як невіривноваженість або невідповідність між оселями автомобіля та стендом.

Така модель надає змогу глибоко аналізувати та оптимізувати процес гальмування, що підвищує безпеку та ефективність автомобілів під час їх експлуатації.

Опираючись на деталізовану структуру АПТКС та ідентифіковані причинно-наслідкові взаємозв'язки, було створено нову модель для глибокого наукового аналізу методів вимірювання та контролю гальмівних характеристик автомобілів з активною системою АБС на спеціалізованих роликових стендах. Ця модель, яка поєднує в собі теоретичний підхід і практичну реалізацію, дозволяє оптимізувати процес тестування та підвищити точність вимірювань. Детальний опис цієї моделі можна знайти на рис. 2.14.

У лівій частині діаграми ілюструється методика аналізу гальмівної системи автомобіля. Ця методика включає аналіз компонентів гальмівної системи, симуляційне тестування системи, реєстрацію діагностичних

характеристик та інтерпретацію отриманих результатів для визначення стану системи.

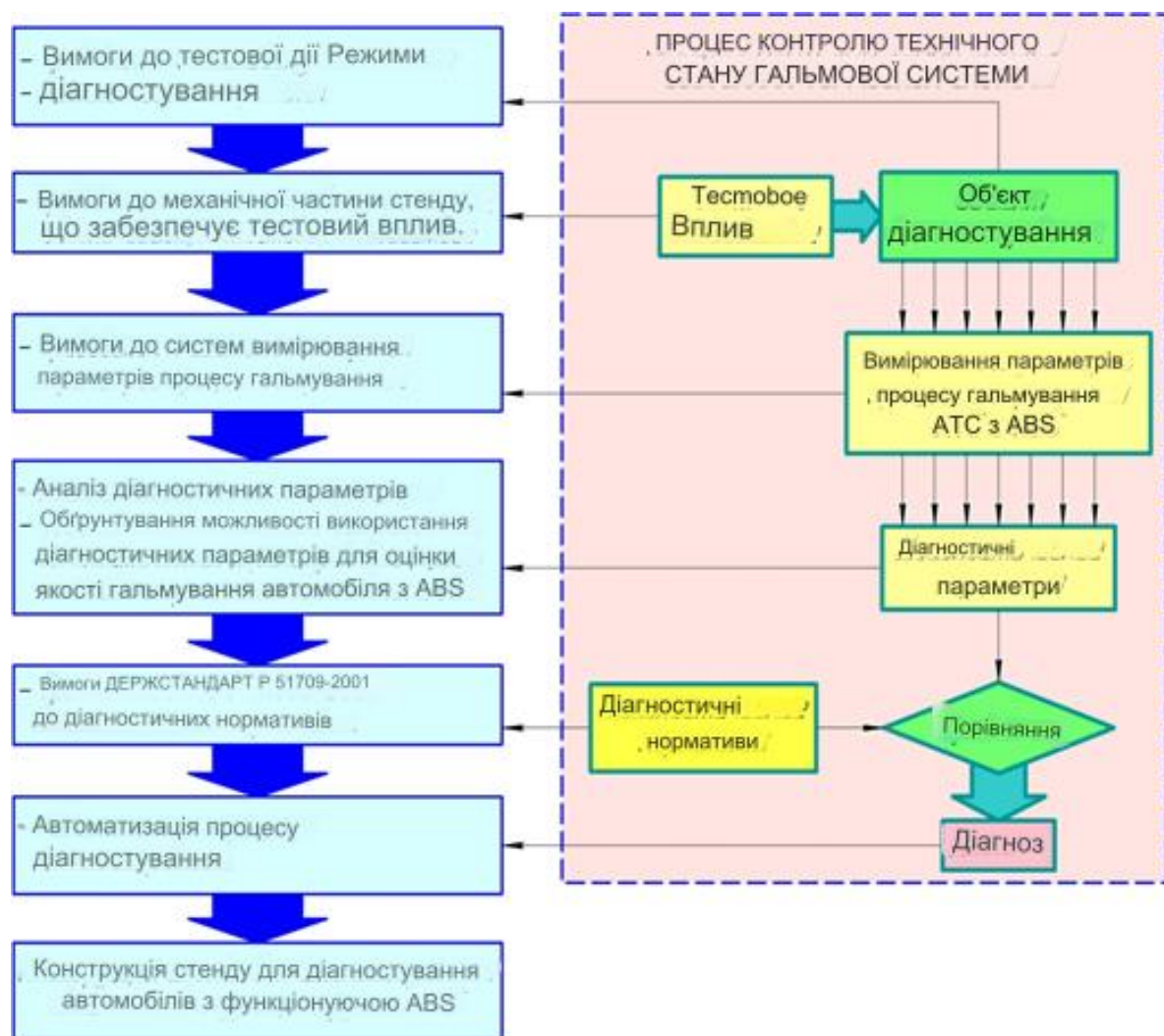


Рис. 2.14 Концептуальна модель наукового підходу до визначення параметрів гальмівної здатності та безпеки автомобілів із системою ABS на основі використання роликів стендів.

У правій частині діаграми представлені етапи реалізації розробленого методу: відбір та підготовка об'єктів для дослідження, проведення експериментальних випробувань на роликів стендах, обробка та аналіз отриманих результатів. Також виділено блок взаємодії з іншими системами контролю та діагностики автомобіля, що сприяє інтеграції розробленого методу у загальну систему технічного обслуговування автомобіля.

На початковій стадії було виконано аналітичні роботи для визначення ключових характеристик та параметрів стенду, який має здатність емулювати роботу гальмівної системи автомобіля з активованою ABS. Це включало в себе

вивчення потреб користувачів, аналіз поточних технічних рішень на ринку та розробку рекомендацій щодо оптимальних режимів тестування.

Для ефективного аналізу гальмівних систем автомобілів із активованою ABS потрібна спеціалізована установка, яка не тільки симулює різноманітні умови експлуатації, але й здатна вимірювати та фіксувати ключові характеристики роботи системи в реальному часі.

Сучасні системи ABS оптимізовані для реальних умов дорожнього руху і можуть не взаємодіяти коректно при випробуваннях на стендах, де лише деякі колеса обертаються. Якщо система виявляє невідповідність швидкостей обертання коліс, ABS може вимкнутися, і сигналізатор на приладовій панелі повідомить водія про проблему. Тому при проектуванні діагностичного устаткування надзвичайно важливо гарантувати можливість одночасного тестування всіх коліс транспортного засобу для надійної діагностики системи ABS.

Однією з ключових особливостей при розробці методу діагностики гальмівних систем є визначення оптимального навантажуючого пристрою для стенду. Хоча в сучасному обладнанні часто використовуються силові роликові стенди, вони вирізняються особливою конструкцією. Основою таких стендів є приводний балансирний мотор-редуктор, який безпосередньо з'єднаний з опорними роликами через ланцюгові передачі. Додатково, вони обладнані роликом системи слідкування, який дозволяє моніторити кутову швидкість обертання коліс автомобіля під час діагностики.

Однією з проблем, яка часто зустрічається у стендах даного виду, є обмежена швидкість обертання опорних роликів, зазвичай у межах від 2 до 4 км/год. Така обмежена швидкість ускладнює діагностику гальмівних систем з активною ABS, оскільки при такому повільному русі система ABS просто не активується.

Щоб з'ясувати, яким чином зростає потреба в потужності приводних електродвигунів силового стенду із збільшенням швидкості опорних роликів, було проведено аналіз потужності приводу стенду для автомобілів різної ваги m_a при різних швидкостях V_a . В результаті розрахунків виявлено, що при тестуванні гальмівної системи легкового автомобіля масою 1000 кг на

силовому стенді при швидкості $V_a = 30$ км/год необхідна потужність приводу стенду складає понад 50 кВт. Водночас для автомобіля масою 7000 кг при тій же швидкості потужність досягає майже 500 кВт. Такі високі показники потужності роблять використання таких стендів для діагностування гальмівних систем з ABS неефективними з економічної точки зору.

До точності вимірювань для сучасних гальмівних систем. У результаті втрати частини гальмівної сили на тертя в різних компонентах кінематичного ланцюга можливе спотворення дійсного показника ефективності гальмівної системи.

Також це веде до того, що процес діагностики може дати недостовірні результати щодо реального стану гальмівної системи автомобіля, що, у свою чергу, може призвести до необґрунтованих висновків та рекомендацій щодо ремонту або технічного обслуговування.

Отже, необхідно розробити нові підходи до конструкції силових роликів стендів, які б дозволили мінімізувати вплив таких втрат на результати вимірювань, а також передбачити компенсацію можливих втрат у процесі вимірювання, щоб забезпечити більш точне і надійне діагностування гальмівних систем.

В інерційних роликів стендах основною перевагою є їх простіша конструкція та незалежність від зовнішніх джерел живлення для забезпечення потрібної динаміки обертання опорних роликів. Завдяки використанню маховикових енергоакумуляторів можливе симулювання реальних умов дорожнього руху без застосування додаткових пристроїв або систем.

Однак інерційні роликів стенди також мають певні недоліки. Основний з них - обмежена можливість регулювання швидкості обертання роликів, що залежить від кінетичної енергії маховика. Тому діапазон тестових режимів може бути менш гнучким порівняно із силовими роликів стендами. Крім того, постійний процес розгону та гальмування маховика може призводити до його прискореного зносу.

У зв'язку з цим, сучасні розвідки у сфері діагностики гальмівних систем автомобілів частіше спрямовані на вдосконалення силових роликів стендів

або розробку зовсім нових технологічних рішень, які дозволили б забезпечити високу точність діагностики при мінімальних втратах енергії.

Під час встановлення автомобіля на роликовому стенді та його діагностики виникає потреба подолання ряду опорних сил. У випадку інерційних стендів основний акцент зсувається на використанні накопиченої кінетичної енергії маховика, який поглинає та віддає енергію під час гальмування.

Важливим моментом є те, що інерційні стенди споживають значно менше енергії порівняно з силовими. Аналіз, проведений на основі моделі процесу гальмування, підтверджує, що інерційні стенди потребують близько в 20 разів менше потужності для досягнення тестового режиму.

Така ефективність інерційних стендів забезпечується завдяки їхньому принципу роботи, який базується на використанні накопиченої енергії маховика. Однак слід враховувати, що оптимальність використання конкретного типу стенду залежить від специфіки завдань та особливостей конкретного автомобіля.

Однією з відзначних характеристик інерційних стендів є здатність відтворення реалістичного процесу гальмування, де швидкість опорних роликів послідовно зменшується, наближаючи досвід до реальних дорожніх ситуацій. Водночас, традиційні інерційні стенди мають простішу будову, не включаючи в себе роликів для відстеження чи системи для регулювання кутової швидкості колеса, що спрощує їх експлуатацію та обслуговування.

Основною проблемою в дизайні традиційних інерційних стендів, яка заважає їх використанню для тестування автомобільних гальмівних систем з ABS, є відсутність координації між колесами під час діагностики. В цьому контексті, кожне колесо гальмує незалежно, маючи свою пару опорних роликів та маховик. Така ізоляція означає, що маховики та ролики одного колеса не синхронізуються з іншими. Цей режим тестування дезорієнтує систему ABS, оскільки значна різниця в кутових швидкостях між гальмуючими колесами перешкоджає електронній одиниці правильно визначити базову швидкість для вимірювання проковзування.

Однією з особливостей стандартних інерційних стендів є відсутність прямого вимірювання гальмівних сил на колесах автомобіля. Замість безпосереднього визначення гальмівних характеристик, ефективність гальмування вимірюється через час, потрібний для зупинки маховика та опорних роликів, або ж відстань, яку подолає колесо під час гальмування.

Методика визначення гальмівної ефективності на основі аналізу часу зупинки маховика та довжини шляху, який пройшло колесо під час гальмування, може бути недостатньо точною. Аналіз показав, що цей підхід може призводити до істотних відхилень в результатах, що у свою чергу впливає на надійність діагностики гальмівної системи.

Після аналізу основних параметрів гальмівної системи автомобілів із ABS були сформовані такі висновки:

Роликовий стенд інерційного типу виявився найбільш відповідним для тестування автомобілів із активованою системою ABS.

Адекватне діагностування гальмівних систем потребує одночасної перевірки всіх коліс транспортного засобу.

Щоб отримати дійсно корисні дані під час тестування, рекомендується вимірювати як гальмівні сили, так і реакції на колесах авто.

Стандартні показники, як-то час гальмування та дистанція гальмування, можуть бути недостатньо інформативними для автомобілів із системою ABS на інерційних роликових стендах.

Для оцінки ефективності гальмівних систем авто із ABS краще використовувати час гальмування коліс, виміряний від моменту активації гальмів до моменту, коли гальмівна сила досягає свого регламентованого значення, зазначеного у відповідних технічних стандартах.

Для моніторингу швидкості обертання гальмуючого колеса на сучасних стендах зазвичай використовують сенсорні системи. Сенсор у взаємодії з поверхнею колеса автомобіля реєструє його динаміку та відслідковує зміни кутової швидкості. Завдяки технологічним інноваціям, сенсорна система може виявляти найдрібніші зміни у русі, забезпечуючи точність вимірювань. Дані про кутову швидкість з сенсора передаються до обробного модуля, де через високоефективний цифровий процесор вони аналізуються та перетворюються у

чітке значення швидкості обертання колеса. Така технологія дозволяє отримувати миттєвий зворотний зв'язок та підвищує точність діагностування систем гальмування.

Після детального аналізу виявлено, що методика визначення кутової швидкості колеса за допомогою ролика слідкуючої системи може іноді вносити спотворення в результати. Вимірювання, отримані таким чином, інколи показують збільшений час гальмування колеса. Однією з причин такої розбіжності може бути вплив гармонічних коливань у вузлі колеса. В деяких випадках ця неточність може збільшувати виміряні значення майже у два рази. Тому важливо розробляти нові та вдосконалювати існуючі методики вимірювань для забезпечення більш точного контролю за системами гальмування.

Після аналізу виявлено, що ключовою проблемою у системі вимірювання кутової швидкості за допомогою слідкуючого ролика є його власні динамічні характеристики. Слідкуючий ролик, маючи певну інерційність, може не відстежувати раптові зміни кутової швидкості колеса, особливо на великих обертах. Також недостатньо висока сила тертя між роликом та колесом може призводити до проковзувань, ускладнюючи вимірювання. Це особливо актуально при динамічних маневрах або гострому гальмуванні. Такі фактори підсилюють необхідність вдосконалення системи слідкування для більш точного вимірювання параметрів руху колеса.

На основі комп'ютерного моделювання, досліджувались параметри взаємодії слідкуючої системи з гальмуючим колесом. При цьому модифікувалися показники сили притиснення ролика до колеса (від 50 Н до 500 Н) та коефіцієнт зчеплення між роликом та колесом (від 0,4 до 0,8). Також розглядалися різні початкові швидкості колеса – від 5 км/год до 100 км/год.

Дослідження показали, що при максимальній швидкості колеса у 100 км/год і за сили притиснення ролика 100 Н, система дає значущу похибку. Зокрема, при цих параметрах невідповідність вимірювання складає близько 71%. Такі дані вказують на потребу в оптимізації сили притиснення та коефіцієнта зчеплення для забезпечення більш точного вимірювання кутової швидкості при високих швидкостях.

У результаті детального аналізу параметрів взаємодії між слідкуючою системою та гальмуючим колесом було виявлено, що навіть при низькій початковій швидкості гальмування, яка складає лише 20 км/год, та за стандартної сили притискання ролика у 100 Н, система демонструє значну невідповідність у вимірюванні. Специфічно, при цих умовах невідповідність досягає майже 39%. Такі результати підкреслюють важливість коригування та налагодження системи вимірювань для підвищення її точності, особливо при низьких швидкостях гальмування.

Для підвищення точності вимірювання кутової швидкості колеса та зменшення похибки Δ існують різні підходи. Основуючись на наших аналізах, можна виділити два ключових методи:

Оптимізація технічних характеристик слідкуючого ролика. Це можна зробити шляхом використання матеріалів із вищим коефіцієнтом тертя між роликом і гальмуючим колесом. Крім того, вдосконалення механізму притиснення може допомогти підтримувати більш стабільний контакт з колесом, незалежно від його швидкості.

Впровадження розширеного програмного забезпечення для обробки даних. Використання сучасних алгоритмів обробки сигналів та корекції даних може допомогти відфільтрувати шум і виправити можливі відхилення, виниклі через технічні недоліки або зовнішній вплив.

Успішне комбінування цих методів може допомогти досягти значної точності вимірювань, забезпечуючи надійність і відповідність стандартам безпеки.

Для підвищення точності вимірювань кутової швидкості колеса та покращення характеристик слідкуючої системи можна вдосконалювати параметри ролика. Ось можливі підходи:

Регулювання моменту інерції слідкуючого ролика: Необхідно знайти оптимальний баланс між моментом інерції і міцністю ролика. Можливо, використання інших матеріалів або конструктивних рішень допоможе зберегти міцність при зменшенні моменту інерції.

Додаткова стабілізація ролика: Замість простого збільшення сили притиснення можна розглянути системи, які забезпечують більш стабільний контакт між роликом і колесом, наприклад, за допомогою пружних механізмів.

Корекція впливу на гальмуюче колесо: Якщо збільшення сили притиснення ролика до колеса призводить до розвантаження гальмуючого колеса, може бути доцільно змінити розміщення або конструкцію ролика таким чином, щоб мінімізувати цей ефект.

Оптимізація системи вимірювання кутової швидкості гальмуючих коліс може бути здійснена шляхом використання вбудованих датчиків антиблокувальної системи (ABS). Ось декілька переваг цього підходу:

Точність: Штатні датчики ABS розроблені таким чином, щоб забезпечити високу чутливість і точність, тому їх використання може зменшити велику частину потенційних похибок, які виникають при використанні зовнішньої слідкуючої системи.

Мінімізація зовнішніх впливів: Штатні датчики ABS вже адаптовані до роботи в різних умовах і можуть краще відображати дійсну кутову швидкість колеса, ігноруючи небажані зовнішні впливи.

Економія ресурсів: Використання вже існуючої системи зменшує потребу в додатковому обладнанні, що може бути економічно вигідним рішенням.

Безпека: Використання штатних датчиків може підвищити безпеку вимірювального процесу, оскільки вони вже пройшли всі необхідні тести і відповідають стандартам безпеки.

Однак, перед впровадженням такої системи важливо врахувати можливі технічні та програмні обмеження штатних датчиків ABS, а також забезпечити сумісність з використовуваною системою обробки інформації.

Аналіз результатів вивчення гальмівних систем показав такі основні моменти:

Хоча сучасні роликові стенди дозволяють проводити детальне діагностування гальмівної ефективності кожної осі окремо, вони можуть бути обмеженими при вивченні систем, які вимагають синхронного обертання роликів, наприклад, для автомобілів з ABS.

Застосування цього методу при діагностуванні гальмівних систем автомобіля з ABS стикається з проблемами, зокрема, потребою у великій потужності мотор-редукторів при підвищенні швидкості прокручування.

Поточний метод вимірювання гальмівних сил на роликівих стендах може не досягати необхідних стандартів точності. Взаємодія різних механічних частин може впливати на точність вимірювань.

ей ролик може бути причиною значних похибок при вимірюванні кутової швидкості колеса через свою інерційність і низький коефіцієнт зчеплення.

Діагностування гальмових систем на стендах, які використовують кінематичне роз'єднання коліс, може не відображати реальної роботи ABS. ABS може не працювати правильно, коли існують значущі відмінності в кутових швидкостях гальмуючих коліс.

На підставі цього аналізу слід розробити нові методи тестування та діагностування, які будуть враховувати особливості сучасних автомобільних гальмових систем.

На підставі даних аналітичних висновків, з'ясувалося, що сучасні тестувальні обладнання для гальмових систем з активною ABS повинні відповідати наступному набору критеріїв:

Стенди мають здатність одночасно перевіряти роботу усіх коліс автомобіля, що гальмують.

Усі ролики мають синхронно обертатися під час усього циклу тестування.

Стенди повинні враховувати необхідні параметри для нормальної роботи ABS, зокрема, стартову швидкість роликів.

Обладнання повинно забезпечувати зміну навантаження між різними осями транспортного засобу.

Протягом тесту частота обертання роликів має рівномірно зменшуватися.

В усій системі повинна бути відсутність вузлів, які можуть створювати небажане тертя.

Стенди мають враховувати та виключати можливі похибки, які можуть виникнути від крутильних коливань коліс під час блокування.

Обладнання має забезпечувати глибокий аналіз різних параметрів гальмування - від гальмівних сил до проковзування, індивідуально для кожного колеса.

На рисунку (див. рис. 2.15) відображено ключові параметри, які корелюють з якістю діагностики гальмових систем автомобіля з ABS при

використанні інерційного стенду, в залежності від швидкості розпочатку гальмування.

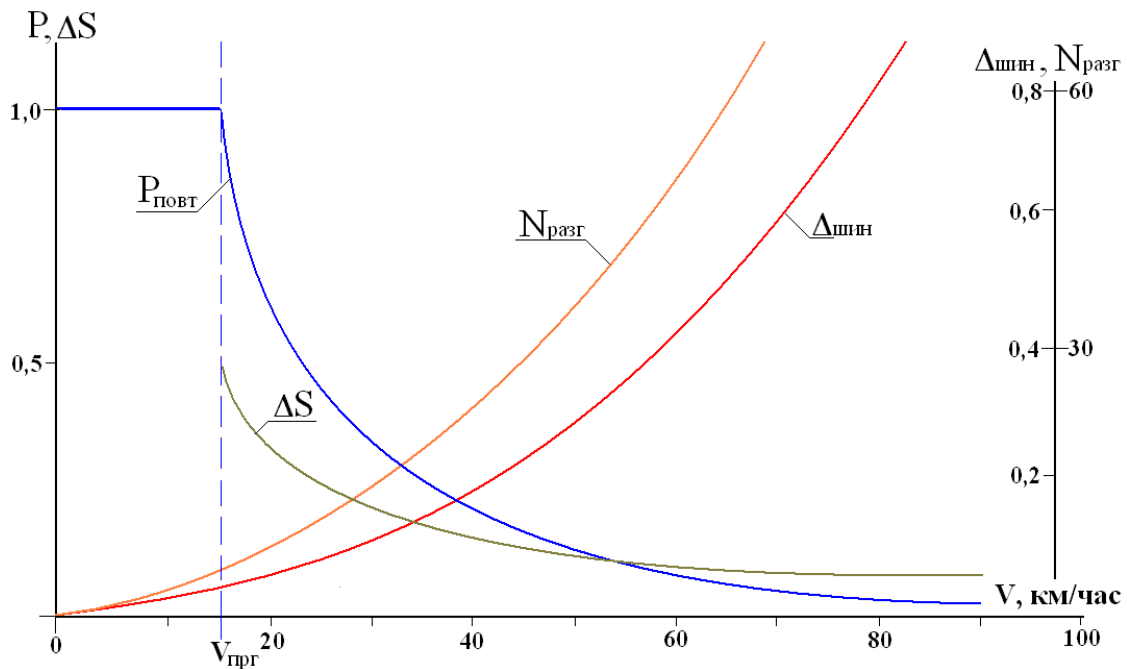


Рис. 2.15 Дослідження впливу початкової швидкості на характеристики гальмування автомобіля з ABS при використанні інерційного роликового стенду.

Спостерігаємо, що з посиленням швидкості гальмування спостерігається такі тенденції:

Параметр $N_{розг}$, який вказує на потужність, необхідну для розгону інерційних мас стенду та автомобільних коліс, показує прогресивне зростання. Це означає, що вища швидкість вимагає більше енергії для розгону механізмів.

$\Delta_{шин}$ – показник, що відображає ступінь зносу шин автомобіля, також демонструє зростання із збільшенням початкової швидкості гальмування. Це може вказувати на те, що при вищих швидкостях гальмування шини піддаються більшому зносу.

Діапазон ΔS проковзування, який відзеркалює ефективність регулювання ABS в гальмуванні коліс, демонструє нелінійне зменшення при зростанні швидкості. Це може свідчити про складність оптимального управління ABS при високих швидкостях.

Основою для визначення найкращої початкової швидкості гальмування автомобіля з ABS на діагностичному стенді є необхідність збалансувати ряд

ключових параметрів. Це включає в себе спробу зменшити величини $N_{\text{розг}}$, $\Delta_{\text{шин}}$, $P_{\text{повт}}$ та ΔS , залежно від швидкості V .

Після аналізу впливу цих параметрів на діагностичний процес було виявлено, що швидкість у 40 км/год найбільше підходить для цього. Ця швидкість забезпечує найкращий баланс між ефективністю діагностики та збереженням ресурсів стенду та автомобіля.

Додатково, ця оптимальна швидкість гальмування сприяє зменшенню механічного зносу шин і складових гальмівної системи, а також підвищує точність вимірювань, знижуючи можливість виникнення похибок через високі швидкості обертання.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Покращення процедур тестування гальмівних систем автомобілів з ABS на роликівих стендах

Сучасні автомобілі найчастіше обладнані системою ABS, яка запобігає блокуванню коліс під час гальмування, дозволяючи водію зберігати контроль над траєкторією руху автомобіля. Згідно з нормами ДСТУ 3649:2010, контроль гальмівної системи з ABS можна проводити як безпосередньо на автомобільних дорогах, так і в спеціалізованих лабораторних умовах на гальмівних стендах.

При випробуванні автомобіля на відкритій дорозі, машина, що прискорюється до швидкості, при якій ABS не вимикається (40 км/год), різко гальмує, щоб визначити роботу гальмівної системи. Під час цього процесу аналізують як довжину шляху, який автомобіль пройшов до зупинки, так і якість траєкторії руху — чи не було відхилень від прямої лінії або слідів від блокування коліс. У лабораторних умовах, коли автомобіль розташований на спеціалізованому стенді, колеса автомобіля загальмовуються механічно, дозволяючи одночасно вимірювати силу гальмування або обертальний момент на кожному з них.

Вивчення гальмівних систем автомобілів в реальних умовах дороги має ряд обмежень. При гальмуванні на відкритому шосе, справна система ABS може компенсувати дефекти гальмівних механізмів, завдяки чому виявити можливі проблеми стає складнішим. Але й лабораторний метод перевірки на стандартних стендах також не є ідеальним: тут колеса однієї осі тестуються окремо від коліс іншої осі. Це створює умови, при яких гідропривід ABS не може коректно функціонувати, і, як результат, діагностика може бути не достовірною. Тому потрібне вдосконалення методик діагностування, щоб забезпечити більш точну і надійну оцінку роботи гальмівних систем з ABS.

В сучасних умовах актуальність діагностики ГС автомобілів з ABS зростає, і для цього використовуються інноваційні технології. Серед нововведень в галузі діагностування можна виділити впровадження модернізованого інерційного роликівого стенда (див. рис. 3.1). Цей стенд,

будучи оснащений сучасними сенсорами та датчиками, дозволяє отримувати деталізовану інформацію про стан гальмівних систем.

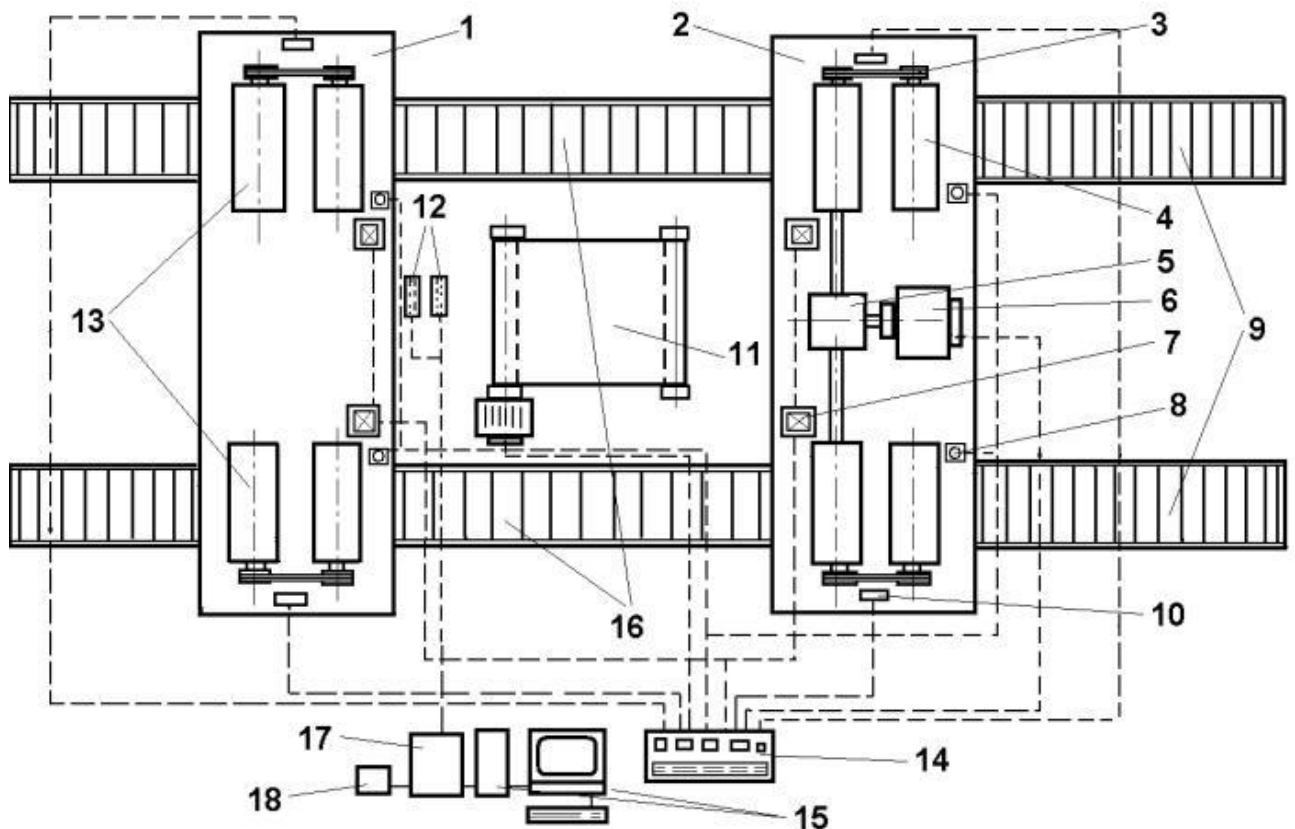


Рис. 3.1. Діаграма конфігурації компонентів цифрового діагностичного системного блоку, інтегрованого з універсальним гальмівним стендом для аналізу ABS в особистих автотранспортних засобах:

- 1 - пасивний роликовий модуль; 2 - активний роликовий модуль; 3 - шків з клиноремінною передачею; 4 - ролики активного модуля; 5 - редуктор активного модуля; 6 - електро / гідропривід активного модуля; 7 - пневматичні піднімальні пристрої; 8 - керовані пульверизатори для змочування роликів; 9 - в'їзні апарелі; 10 - система виміру швидкості і гальмівного шляху колеса; 11 – доріжка імітатора руху; 12 – роз'єм підключення діагностичного сканера до ABS і системи бортової самодіагностики; 13 - ролики пасивного модуля; 14 - пульт керування діагностичним стендом; 15 - персональний комп'ютер; 16 - розсувні апарелі; 17 - діагностичний прилад KTS; 18 - принтер.

Додатково, використання комп'ютеризованого діагностичного обладнання сприяє точній обробці та інтерпретації отриманих даних. Сучасні ЕОМ, спряжені зі спеціалізованим програмним забезпеченням, здатні проводити глибокий аналіз даних, використовуюючи системний підхід до оцінки параметрів гальмівних систем. Така комбінація традиційних методів

діагностики з новітніми технологіями дозволяє значно підвищити якість і надійність діагностування ГС автомобілів з ABS.

Сучасний діагностичний комплекс для автомобілів включає в себе високотехнологічне обладнання, розділене на фізичний та цифровий компоненти. Фізичний блок включає в себе передовий інерційний роликостенд, що дозволяє оцінити динамічні характеристики автомобіля, а також мотор-тестер або сканер KTS для глибокого аналізу роботи двигуна та інших вузлів.

Цифрова частина представлена персональним комп'ютером з високою продуктивністю та спеціалізованим програмним забезпеченням. Це дозволяє обробляти великі об'єми даних, отриманих від фізичних датчиків, та надає можливість глибокого аналізу, виявлення проблем та підбору оптимальних рішень для їх вирішення. Така інтегрована система забезпечує високий рівень точності діагностики та ефективність ремонту.

На роликостенді симулюються дорожні умови, що найближчі до експлуатаційних, де проводяться випробування гальмівних систем і збір різноманітних даних з бортової електроніки. Цей процес наглядно контролює та коригує спеціаліст у галузі діагностики. Після збору інформації та її первинного аналізу, дані передаються до центральної комп'ютерної системи. Там вони архівуються для подальшого вивчення та використовуються при моделюванні поточного стану автомобіля, зберігаючи інформацію як у сховищі основних відомостей, так і у деталізованому журналі технічного обслуговування.

Для імітації ситуації блокування колеса під час гальмування стенд оснащений унікальними механізмами, які дозволяють легко знімати навантаження з колеса і одночасно обробляти роликостенд специфічним агентом, що спричиняє сковзання. Проте стенди із такими можливостями ще не стали широкодоступними на ринку. Звичайні гальмівні стенди не надають можливості відтворити таку ситуацію.

3.2 Оптимізація критеріїв та настанов для використання гальмівних роликівних стендів

На сучасному етапі розвитку автомобільної промисловості зростає потреба в високоточних засобах діагностування гальмівних систем. Роликові гальмівні стенди є ключовими пристроями для забезпечення якості обслуговування та ремонту автомобілів, тому до них пред'являються підвищені вимоги.

Стенди повинні забезпечувати максимальну точність вимірювань, яка відповідає б стандартам і вимогам виробників автомобілів. Вимірювальна система стенду має автоматично коригувати можливі відхилення та забезпечувати стабільність показників.

Сучасний роликівний стенд повинен бути здатний працювати з різними моделями автомобілів, враховуючи їх особливості і характеристики.

З урахуванням швидкого розвитку ІТ, необхідно вбудовувати автоматизовані системи, які дозволять оператору легко і швидко обирати потрібні режими діагностики, а також отримувати графічне і числове представлення результатів.

Оскільки процес діагностики включає в себе роботу з рухомими частинами автомобіля, стенди повинні бути обладнані всіма необхідними засобами безпеки для захисту оператора та уникнення пошкодження автомобіля.

Оптимальним рішенням було б створення модульних стендів, які дозволили б змінювати чи додавати компоненти згідно з потребами діагностики.

Основні критерії та стандарти для обладнання, що використовується для діагностичних вимірювань, вказані у таблиці 3.1.

Цей стандарт намагався узагальнити можливості вимірювання гальмівної сили. Він пропонував метод екстраполяції даних гальмівних сил за неповного навантаження транспортного засобу до тих показників, які могли б з'явитися при його максимальному завантаженні. Тобто, використовуючи дані з вимірювань при частковому завантаженні, можна було отримати уявлення про

те, як гальма працювали б при максимальній масі автомобіля. Однак цей підхід мав свої обмеження, оскільки не було чітко встановлених критеріїв похибки для розрахункового визначення. Таким чином, хоча концепція виглядала зручною та ефективною, відсутність конкретних метричних вимог робила її менш надійною у практичному застосуванні.

Таблиця 3.1. Стандартизовані критерії точності вимірювань параметрів згідно різних регулятивних документів.

Найменування діагностичних параметрів	Позначення нормативних документів		
	ГОСТ 25478-91	ДСТУ 3333-96	ДСТУ 3649:2010
Гальмівна сила	±5,0%	±3,0%	±3,0%
Приводне зусилля на органах керування	±5,0%	±2,5%	±4,0%
Параметри часу (тривалість спрацьовування, темп приведення в дію органа керування, тощо)	±0,03с	±1,0%	±0,01с.
Тиск стисненого повітря	-	±2,5%	±3,0%
Загальна питома гальмівна сила	-	±10,0%	-

Цей стандарт, хоча й намагався впровадити методи екстраполяції для визначення гальмівних характеристик, виявився недостатньо точним у практичних застосуваннях. Підхід до екстраполяції може викривити результати, особливо для автомобілів із специфічними гідравлічними системами, що може призвести до значних похибок. Виявлені розбіжності в точності можуть сягати великих значень, що робить цей підхід менш надійним для точного визначення гальмівних характеристик. Така нестабільність

результатів привела до того, що стандарт не застосовував свої критерії точності до даних, отриманих через розрахункові методи.

Щоб забезпечити належну точність результатів, важливо чітко визначити вимоги до характеристик гальмівних механізмів та приводу автомобіля в спорядженому стані, а також враховувати специфіку екстреного активування гальмівної педалі. Ці підвищені вимоги до точності, які можна знайти в таблиці 3.1, повинні допомогти вирішити існуючі проблеми з точністю. Крім того, для параметрів, які розраховуються на основі вимірювань, наприклад, загальної питомої гальмівної сили, максимально допустима основна похибка не повинна перевищувати $\pm 10,0\%$.

У цьому нормативному документі визначена необхідність коригування результатів діагностування, які були отримані під час випробувань автомобіля в спорядженому стані, виключно для машин із пневматичним гальмівним приводом. Очікується, що стандарти точності для вимірювання приводного зусилля будуть менш строгими у порівнянні з тими, що встановлені для роликів гальмівних стендів.

Для досягнення високої точності результатів, що відповідають строгим метрологічним критеріям, система вимірювання гальмівних сил, приводного зусилля та тиску в пневматичному приводі має бути заснована на тензометричних технологіях. Основний акцент слід зробити на забезпеченні системи регулярного нульового контролю або інтегрованої автоматичної системи самодіагностики. Більшість сучасних гальмівних стендів вже оснащені подібними вимірювальними системами, що відповідають цим вимогам.

Незважаючи на високотехнологічне обладнання, інструменти для вимірювання приводного зусилля, яке передається на гальмівну педаль, часто не забезпечують потрібного рівня точності. Одна з ключових проблем — це недооцінка методичних викривлень, що впливають на вимірювання. Аналітичні роботи вказують на важливість конструкції датчика у вимірювальному процесі. На сучасному етапі інженери працюють над створенням датчиків приводного зусилля, які мінімізують вплив змін у напрямку зусилля оператора під час гальмування. Це має на меті забезпечити необхідний рівень точності для сучасних вимірювань.

Для успішного використання нової методики стенд має бути оснащений пристроєм для вимірювання ваги, який дозволить аналізувати навантаження як на окрему вісь, так і на індивідуальні колеса. Така конфігурація допоможе точно визначити опір коченню коліс на поверхні стенда і взаємодію шини з роликками. Ці дані є ключовими для оцінки роботи гальмівних систем в різних умовах - від лабораторних до реальних дорожніх ситуацій. Такий підхід може підвищити достовірність тестування та забезпечити більш точний прогноз роботи гальмівних систем в реальних умовах експлуатації.

Для ефективної діагностики та аналізу роботи гальмівної системи автомобіля, стенд має бути сумісний із комп'ютерним обладнанням. Це забезпечить точне вимірювання та аналіз таких ключових параметрів, як:

- інтенсивність гальмівної дії;
- сила, що передається на гальмівну педаль;
- тиск у гальмівній системі, якщо стенд оснащений відповідним датчиком;
- навантаження, яке діє на окреме колесо;
- швидкість обертання ролика стенда або рівень зчеплення між колесом та роликом.

Якщо стенд не може безпосередньо визначати частоту обертання ролика, оптимальним виходом було б інтегрувати систему датчиків, що відстежують імпульси обертання та перетворюють їх у відповідний сигнал.

Також, якщо стенд має високоточну систему вимірювання часу, то було б корисним додати можливість вимірювання часової затримки між моментом активації гальмівної системи і її реальним спрацьовуванням на стенді. Це дозволить точніше оцінити ефективність гальмівної системи та виявити можливі проблеми у її роботі.

Враховуючи, що комбінація гальмівний апарат-колесо-сенсорний пристрій стенда працює як динамічна система з власними вібраційними характеристиками, і враховуючи нестабільність відповіді гальмівного апарату (не просто лінійний графік, але змінний діапазон значень), важливо додати фільтрацію сигналу до системи вимірювань стенда. Така фільтрація допоможе уникнути шуму або небажаних коливань під час вимірювань.

Максимальний діапазон відхилень у гальмівних силах спостерігається під час вимірювань невантажених коліс та у моменти початкового збільшення гальмівного зусилля. З урахуванням особливостей конструкції стенда, налаштувань вимірювальної системи та специфікації шин та підвіски автомобіля, цей діапазон може варіюватися. Тому важливо підібрати правильний метод фільтрації для забезпечення надійних і точних результатів вимірювань.

Коли стенд не має вбудованої системи згладжування сигналу, це створює додаткові вимоги до обладнання, до якого підключається стенд. В такому випадку оптимальним вибором буде використання комп'ютера з процесором, що перевищує характеристики процесора 486. Платі для аналогово-цифрового перетворення, яка використовується, повинна забезпечити можливість одночасного зчитування від декількох датчиків (мінімум восьми) з інтервалом вимірювання в 0,1 секунду для забезпечення належної точності даних.

Важливо також врахувати, що якщо датчик приводного зусилля на гальмівній педалі має додатковий сенсор для виявлення моменту активації педалі, система повинна підтримувати додаткове введення сигналу для цього конкретного датчика.

Для забезпечення правильної комунікації між системою вимірювання стенда та обчислювальною технікою важливо забезпечити відповідний рівень вихідних сигналів. Ось зазначені рекомендації:

Для аналогових сигналів: вихідна напруга повинна бути в діапазоні від 0 до 10 В при сталому струмі, коли опір навантаження становить 2 кОм.

Щодо дискретних сигналів: логічна "1" повинна відповідати напрузі не менше 2,6 В постійного струму, тоді як логічний "0" – напрузі, яка не перевищує 0,3 В постійного струму.

Таке налаштування допоможе гарантувати надійний обмін даними і знизити ймовірність появи помилок при передачі інформації.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Показники і параметри для дослідження

Під час діагностики гальмів автомобіля на роликовому обладнанні відповідно до ДСТУ 3649:2010 визначають пікові значення гальмівних сил для кожного колеса, умовою є те, що колеса не блокуються та приводне зусилля на педалі гальма не перевищує регламентованого рівня. На основі отриманих даних розраховують середню ефективність гальмівної системи та відхилення гальмівних сил між колесами одного ряду.

Під час оцінки ефективності гальмів кожного колеса автомобіля на роликових стендах працюють у режимі послідовного натискання на педаль гальма. Для транспортних засобів у комплектованому вигляді аналізують відношення між гальмівною силою та приводним зусиллям або тиском в системі, а також визначають ключовий момент цієї взаємодії: гальмівну силу в місці взаємодії колеса і ролика при регламентованому натиску на педаль або відповідному тиску в гідросистемі.

Під час аналізу автомобілів із гідросистемою відзначається залежність гальмівної сили від приводного зусилля, тоді як для автомобілів із пневматичною системою ключовим параметром є тиск у пневмоприводі. Ці параметри часто класифікують як динамічні властивості.

Методика визначення гальмівної сили колеса полягає у фіксації реакційного моменту на балансірних елементах приводу стенда. Далі цей момент конвертується у силу, що діє по дотичній до ролика. Довжина плеча, яка відповідає радіусу ролика, визначається як гальмівна сила колеса під час контакту з роликами.

В методиках стендових випробувань стандарт також встановлює показник якості гальмування, відомий як час реакції гальмівної системи на стенді (у подальшому - час реакції).

При аналізі даного параметра на різних стендах застосовуються різні методики. Використання терміну "час реакції" стало поширеним, визначаючи його як інтервал часу від моменту активації контрольного механізму до

моменту, коли гальмівна сила досягає певної частки (від 30% до 90%, залежно від стенда) від її пікового значення, можливого для даної моделі стенда та транспортного засобу. Така методика може призводити до варіативності результатів, навіть якщо дослідження проводяться на однакових моделях стендів.

Для аналізу часових параметрів гальмування досліджують зміну гальмівних сил відносно часу або вивчають період часу, необхідний для досягнення певної гальмівної сили на кожному з коліс.

Помимо зазначених параметрів, на багатьох роликових стендах реєструють рівень скольження коліс. Ця величина використовується для контролю роботи коліс на стенді, а також для сповіщення оператора про можливі проблеми, з метою уникнення пошкоджень або надмірного зносу резинового покриття під час досліджень.

Моніторинговий ролик 3 безперервно взаємодіє з колесом авто 1 і отримує обертальний рух від нього. Якщо колесо не обертається або його рух блокується на обертаючих роликах 2, моніторинговий ролик також залишається нерухомим.

Під час тестування розраховують індикатори скольження колеса, базуючись на формулі (4.1):

$$S_{ск} = \frac{\omega_{cp0} - \omega_{cp}}{\omega_{cp0}} \quad (4.1)$$

4.2 Аналіз функціонування системи

На ілюстраціях 4.1 та 4.2 представлені графіки динаміки зусилля на гальмівній педалі та тиску в приводі під час гальмування, виконаного водієм-експертом. Вимірювання були проведені з використанням спеціалізованого обладнання "БИК-1", що включає в себе набір датчиків (зусилля на педалі, тиску в системі, відстані, декелерації та ін.). Ці дані після ініційної обробки фіксувались на портативних комп'ютерах, які підключались через модуль аналого-цифрової конвертації.

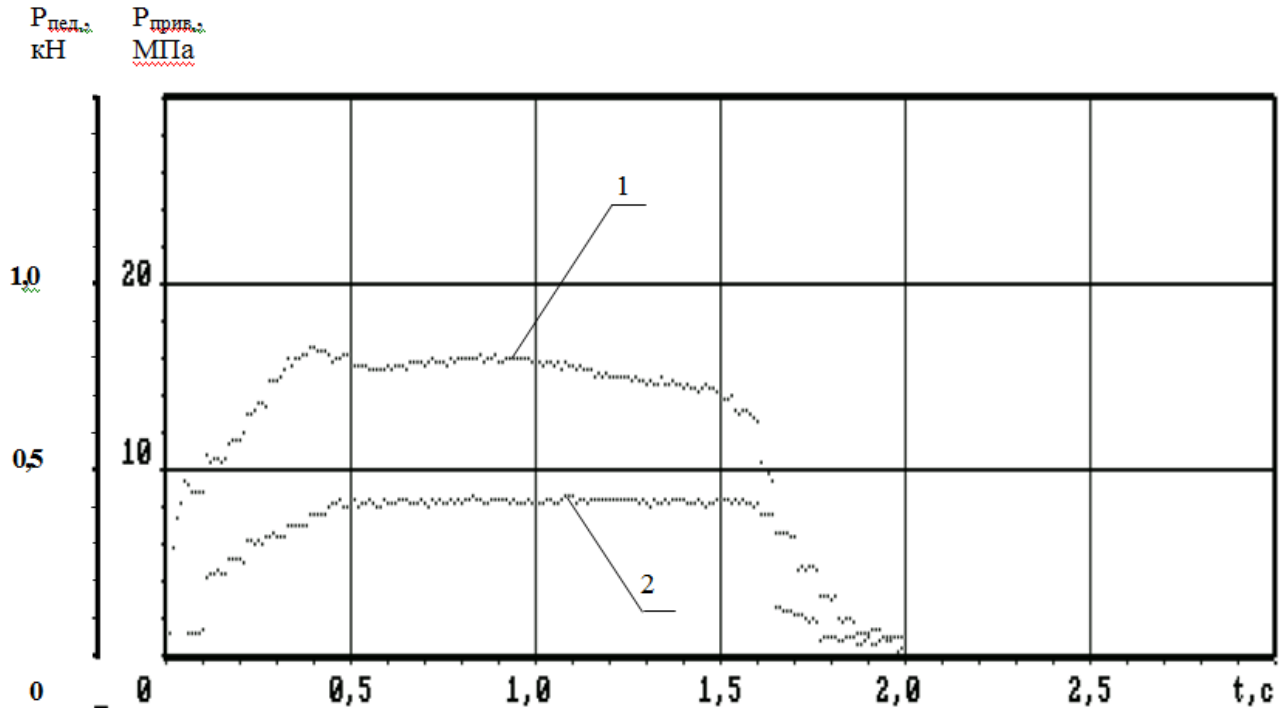


Рис. 3.1. Динаміка зусилля і тиску в системі під час надзвичайної активації гальмівної системи:

- 1 – зусилля, прикладене до гальмівної педалі ($p_{\text{пед}} = f(t)$, кН);
 2 – тиск у приводі гальм першої осі ($p_{\text{прив}} = f(t)$, МПа).

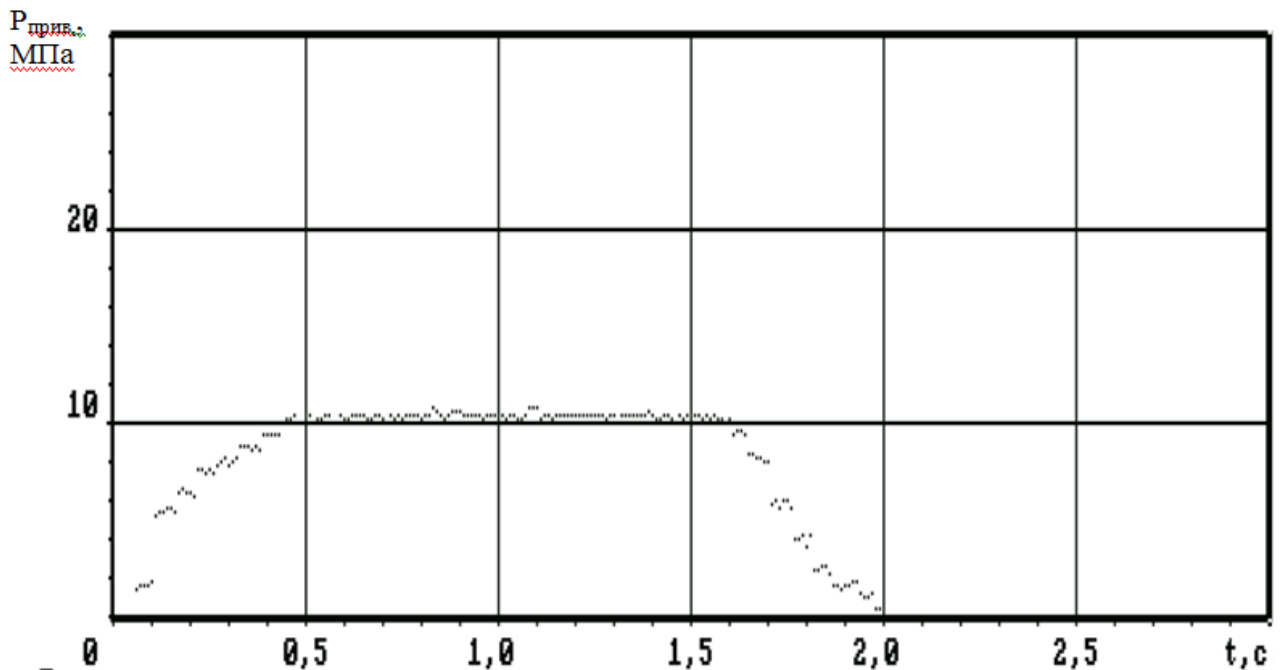


Рис. 3.2. Залежність тиску в гальмівній системі другої осі автомобіля від часу ($p_{\text{прив}} = f(t)$, МПа).

У початковому етапі випробувач, базуючись на індикаторах приводного зусилля, інтуїтивно встановлює та дотримується швидкості збільшення зусилля, яке становить від 50% до 70% максимального для даного дослідження.

На наступному етапі випробувач коригує свої дії, уповільнюючи швидкість наростання зусилля, виходячи з потреби не перевищувати встановлені стандарти.

Приведення відбувається майже миттєво, приблизно за 0,2 секунди, і в цей короткий проміжок часу обидві стадії ефективно зливаються, переходячи одна в одну. Через це динаміка приводного зусилля відносно часу має форму, схожу на експоненційну, що можна побачити на представлених графіках.

Враховуючи важливість правильного керування під час тестування, у цьому дослідженні потрібно виконати два завдання: встановити аналітичну залежність приводного зусилля від часу на основі фактичних даних з випробувань та визначити цю стандартну характеристику згідно із встановленими стандартами.

Після аналізу результатів тестування виявлено, що у транспортних засобах із пневматичним приводом час активації педалі менший за 0,2 секунди має мінімальний вплив на динаміку збільшення тиску у приводі. В таких авто клапани гальмівної системи повністю відкриваються за менше ніж 0,2 секунди, що дозволяє системі швидко заповнитися повітрям. Тиск у приводі досить швидко досягає максимуму, динаміку якого можна апроксимувати експоненціальною залежністю від часу.

$$p = p_{\max}(1 - a \cdot \exp(-bt)), \quad (4.2)$$

Параметри у рівнянні (4.2) визначаються характеристиками проходження клапанів гальмівної системи, особливостями трубопроводів та робочим об'ємом пневматичних пристроїв, які також включають трубопроводи.

Для машин із гідравлічною системою гальмування припускається, що тиск зростає експоненційно відносно часу. В авто з прямим гідроприводом без пристроїв регулювання тиску, ця експоненціальна залежність є більш вираженою порівняно з тими, де такі пристрої використовуються.

На рисунках 4.3 та 4.4 представлені дані, які наближають параметри приводного зусилля та тиску в гідроприводі автомобіля Skoda Octavia до експоненціального рівняння, відповідно до формули (4.2). Аналізуючи ці дані, отримані в результаті дорожніх та лабораторних тестів Skoda Octavia, виявлено,

що середнє відхилення цих значень від очікуваних становить 4,9% для приводного зусилля і 2,2% для тиску в гідроприводі, при довірчому рівні 0,98.

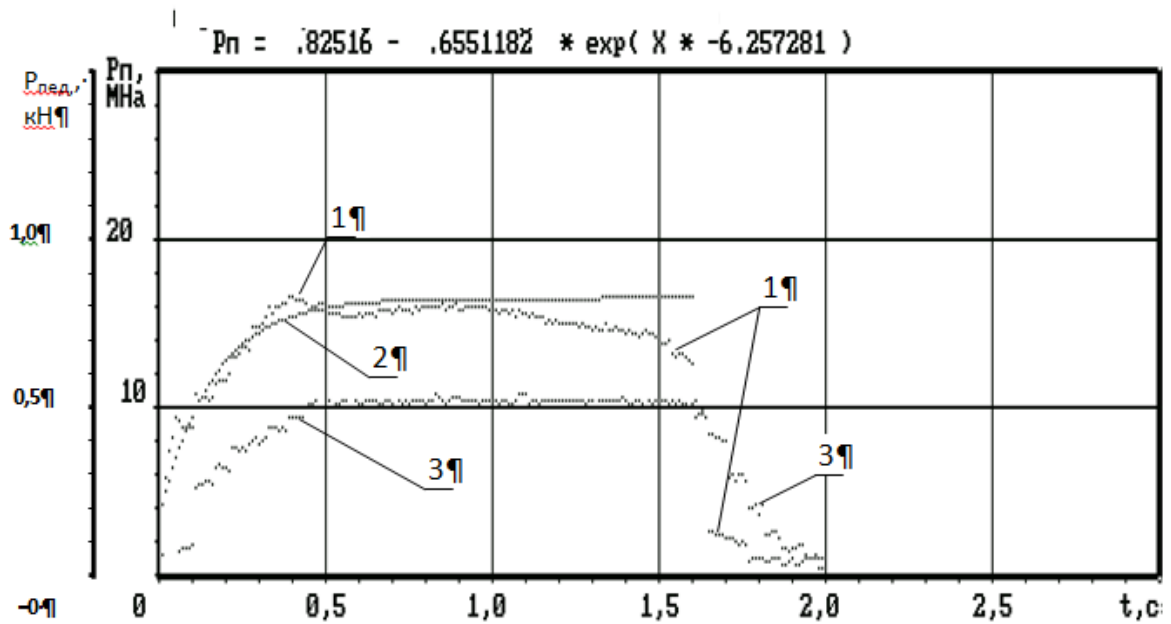


Рис.4.3. Підбір приводного зусилля за допомогою експонентної моделі:
1 – зусилля, прикладене до гальмівної педалі за результатами вимірювань;
2 – результат апроксимації залежності приводного зусилля у функції часу;
3 – тиск у приводі гальм коліс другої осі за результатами вимірювань

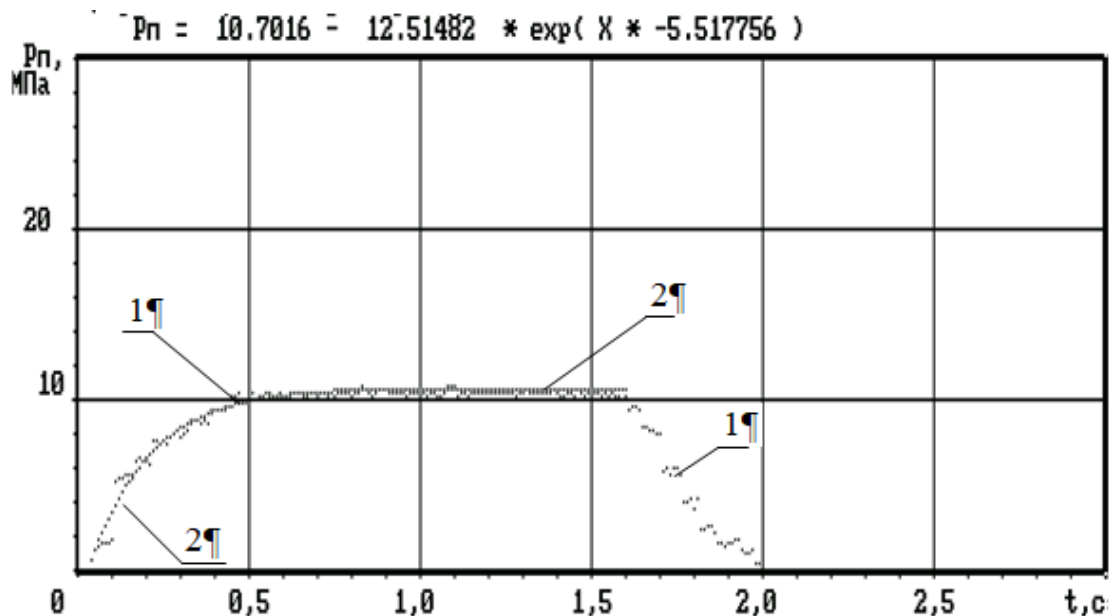


Рис.4.4. Моделювання тиску в гідроприводі за допомогою експонентної функції:

- 1 – тиск у приводі гальм коліс другої осі за результатами вимірювань.
2 – результат апроксимації залежності тиску у приводі гальм коліс другої осі у функції часу.

При використанні мікропроцесорних систем на гальмівних стендах вимірювання приводного зусилля зберігаються з певною частотою в реальному часовому режимі та зберігаються у вигляді даних. Ця інформація може використовуватися для порівняння результатів лабораторних тестів і випробувань на дорозі, якщо частота запису даних співпадає з частотою аналітичних обчислень. В таких умовах немає потреби в наближенні залежності приводного зусилля від часу.

Для теоретичного вивчення впливу способу натискання на гальмівну педаль на показники гальмування, а також для забезпечення узгодженості та схожості результатів випробувань при прогнозуванні цих показників за стандартними умовами, необхідно мати змогу встановлювати такі стандартні характеристики натискання на педаль.

Для вирішення цього питання можна використовувати експоненціальну модель опису динаміки натискання на гальмівну педаль, базуючись на середніх статистичних показниках, отриманих під час експериментів.

При потребі вивчення режиму активації гальмівної педалі, параметри в формулі (4.2) можна налаштовувати відповідно до мети дослідження.

Для вивчення зазначеного режиму параметри формули встановлюються на основі вимог до максимального зусилля, його динаміки зростання та здатності втілювати це в реальному житті. У цьому контексті, умови тестування можна вважати орієнтовними, адже навіть професійний водій може мати труднощі із стабільним дотриманням заданого режиму активації гальм.

4.3 Вивчення взаємозв'язку між гальмівною силою, зусиллям на педаль і тиском у системі при плавному натисканні на гальмівну педаль

Стандартні графіки гальмівного механізму показують відношення між гальмівною силою та тиском у системі чи зусиллям на педаль. Ці графіки можна переглянути на рисунках 4.5 та 4.6.

Графік на рис. 4.5 представляє залежність гальмівної сили від тиску у пневмо- або гідроприводі для автомобілів, де гідропривод не має пристроїв для регулювання тиску, таких як підсилювачі чи автоматичні регулятори.

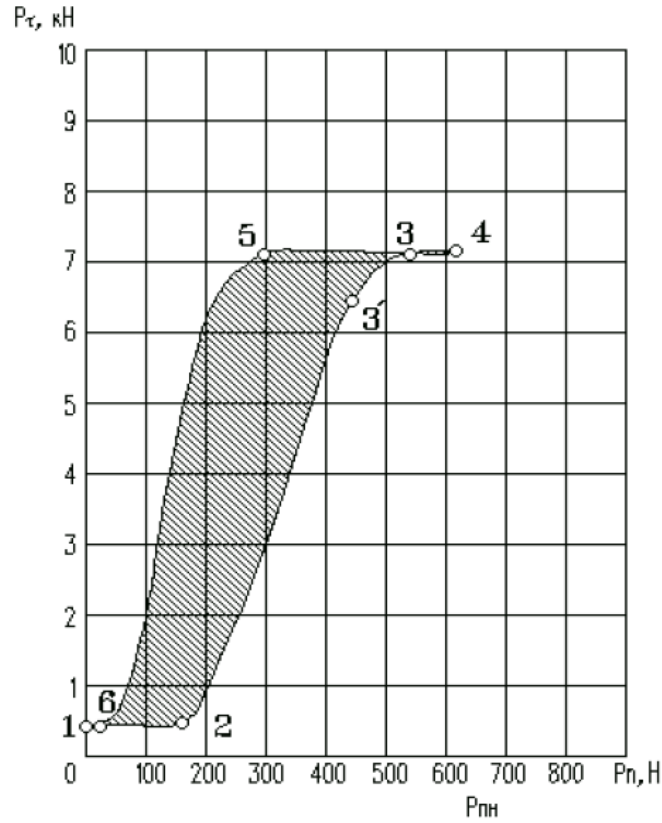


Рис.4.5 Графік гальмівної характеристики для машини без додаткових систем регулювання та підсилення.

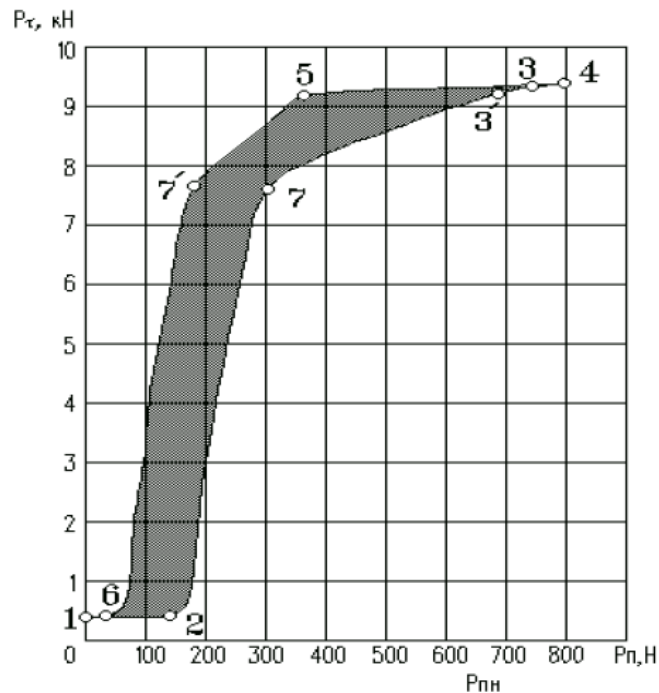


Рис.4.6 Відзначені ключові моменти на графіку гальмування автомобіля з системою підсилення.

При використанні пристроїв для зміни тиску, відношення гальмівної сили до приводного зусилля переформовується (див. рис. 4.6.). Ці графіки можна розділити на три основні сегменти.

Точка 1 представляє ситуацію, коли колесо обертається без гальмування та відсутнє приводне зусилля чи тиск в системі. У відрізку 1-2 приводне зусилля збільшується, хоча гальмування ще не почалося.

У момент 2 починає діяти гальмівний механізм, і зі збільшенням ефорту на педаль, гальмівна дія стає сильнішою. Однак, із зростанням сили гальмування, колесо може почати ковзати, що впливає на ефективність гальмування та взаємодію колеса із поверхнею.

У моменті 3 гальмівна дія досягає піку, визначеного взаємодією колеса та роликів стенда. Подальше збільшення зусилля на педаль не призводить до зростання ефективності гальмування.

Після досягнення піку приводного зусилля (у моменті 4) його інтенсивність починає скорочуватись, ініціюючи процес сповільнення. З-за втрат в системі, зменшення гальмівного впливу розпочинається у точці 5, де зі слабшенням зусилля гальмівна дія також знижується.

На етапі 6 колесо повністю перестає гальмувати, і гальмівна сила досягає значення зусилля вільного прокручування колеса. Якщо в системі великі втрати, діапазон між кривими 1-6 (виділений на малюнках 4.5, 4.6.) стає ширшим. Цей діапазон представляє дійсний профіль роботи гальмівного механізму.

Залежно від способу та характеру натискання на гальмівну педаль можливо досягти будь-якої точки в межах цієї кривої. Проте під час тестування найважливішими для аналізу гальмування є ділянки 1-2 та 2-3.

Отже, під час плавного гальмування важливо забезпечити максимально рівномірний процес наростання приводного зусилля. Зупинки або тимчасове скорочення зусилля під час гальмування можуть спотворити отриману характеристику, зміщуючи її до центру заштрихованої зони.

Площа 1-2 відображає рух колеса по роликах обладнання. Цей відрізок представляє собою майже прямолінійний графік виду $y = P\tau_o$.

Вивчаючи параметр μ , можемо зауважити, що в ідеальних умовах є сталим значенням. Проте при розгляді взаємозв'язку цього параметра з різними чинниками видно, що його величина основному зумовлена:

коефіцієнтом опору при коченні ;

вертикальним навантаженням на колесо.

Під час тестувань коефіцієнт опору коченню впливає низка чинників, проте ключовими є швидкість кочення та тиск у шині. На гальмівних стендах із роликami ці показники майже не змінюються, адже швидкість роликів залишається стабільною. Проте під час випробувань на дорозі обидва чинники можуть коливатися.

Під час гальмування швидкість кочення колеса спадає до нуля. Втім, на стендах для вантажівок імітована швидкість не перевищує 5 км/год, тому зміни в швидкості майже не впливають на коефіцієнт опору коченню.

У ході гальмування тиск у шині залишається майже сталим, тому його варіації можна ігнорувати. На роликовому стенді вертикальне навантаження на колесо також стабільне. Для визначення цього навантаження можна зважити автомобіль і визначити розподіл ваги між осями та колесами.

Деякі стенди оснащені вбудованими ваговими системами, що дозволяють вимірювати вертикальне навантаження на кожне колесо, розташоване на роликах. Якщо стенд не має такої системи, можна використовувати зовнішні вагові прилади, які є популярними в цій області.

Якщо немає відповідних вагових пристроїв та автомобіль перевіряється у завантаженому або спорядженому стані, то, виходячи з паспортних даних, можна припустити, що фактичне навантаження приблизно відповідає зазначеному в паспорті розподілу.

За певних особливостей будови стенда, особливостей підвіски машини та її розташування на стенді, реальний розподіл навантаження може відрізнятись від того, що вказано у паспорті.

Враховуючи наведені вище відомості, ми можемо обчислити коефіцієнт опору коченню для кожного колеса, базуючись на значенні сили прокручування та вертикальному навантаженні.

При врахуванні основної преміси цього дослідження та потреби в передбаченні характеристик, отриманих на стенді, для умов дорожнього гальмування, слід визнати, що формула не підходить для прогнозування втрат на кочення з певних міркувань.

При передбаченні дорожнього гальмування початкова швидкість майже у 5-20 разів перевищує ту, що моделюється на стенді. Також вага, що діє на колесо, може збільшитись майже удвічі, в залежності від типу транспортного засобу. Тому на стенді слід розробити показник, який би враховував вплив швидкості автомобіля та вертикального навантаження на колесо, оскільки ці параметри найбільше впливають на опір коченню.

Після вивчення характеристик опору коченню виявлено, що у даній ситуації найбільше підходить модель, наведена Вжесиньским, представлена формулою (4.3). У цій моделі, змінюючи лише один коефіцієнт, можна отримати дані, які відображають дійсність.

$$P\tau_0 = \frac{R_{zi}}{p_i^{0.64}} \cdot \left(0,2 + \frac{V_{ki}^{3.7}}{p_i^{1.44} \cdot 1.42 \cdot 10^7} \right) \quad (4.3)$$

При вихідних даних, що цей коефіцієнт не зазнає значних змін при переході від роликів до асфальту, його і формулу (3.3) можна використовувати для розрахунків втрат на кочення на дорозі, з урахуванням швидкості та навантаження на колесо.

Участок 2-3 представляє зміну гальмівної дії при збільшенні тиску або дії приводу. Цей участок демонструє робочі властивості гальмівної системи з урахуванням втрат при коченні колес на роликах стенда під час гальмування.

На участку 2-3, аналітична характеристика гальмівного механізму, отримана за допомогою стендових даних, служить приблизним показником для дорожніх умов. Різниця полягає переважно у межах характеристики та дрібних відмінностях у втратах при коченні між стендовими роликами та дорожньою поверхнею.

При гальмуванні на дорозі, характеристика 2-3 для передніх коліс буде розтягнутішою, тоді як для задніх коліс (або візка) вона стиснеться через динамічний перерозподіл вертикальних навантажень між колесами.

Різницю у втратах на коченні можна ігнорувати, оскільки їх величина буде невеликою порівняно з гальмівними силами, які виникають під час гальмування.

При тестуванні транспортного засобу в ненавантаженому стані, коли навантаження на колеса менше, ніж при максимальному завантаженні, довжина

характеристик для коліс буде коротшою. Додатково, довжина цих характеристик може варіюватися в залежності від різниці властивостей зчеплення коліс зі стендом та з дорожньою поверхнею.

Під час оцінки процесу гальмування на дорозі, силові показники, отримані на стенді для кожного колеса, можуть вимагати корекції. Це означає, що для адекватного прогнозування цих показників у реальних дорожніх умовах, може знадобитися їх адаптація за допомогою екстраполяції чи інтерполяції, враховуючи фактори зчеплення, рівень завантаженості та динаміку гальмування.

Аналіз способів представлення ділянки 2-3 в реальних характеристиках за допомогою математичних моделей.

На основі практичних випробувань виявлено, що окремі ділянки характеристики не завжди лінійні. Впливаючі фактори та їх вплив були проаналізовані.

Відповідно до досліджень, серед базових залежностей поліном із змінною степінню найкраще наближається до даних, якщо степінь визначається відповідно до потрібної точності апроксимації.

Методи апроксимації за допомогою складніших залежностей, таких як характеристики, визначені на основі трикутника Паскаля, можуть забезпечувати вищу точність. Однак такі підходи мають ряд недоліків:

велика складність та витрати часу на розробку відповідного програмного забезпечення;

у випадку використання таких методів для екстраполяції та прогнозування характеристик при гальмуванні на дорозі, можливі помилки екстраполяції можуть перевищувати 100%, що робить їх непридатними для практичного використання.

Для практичних потреб найкраще використовувати такі характеристики: $Y = a \cdot x + b$ і $Y = a \cdot x^b + c$, отримані за допомогою методу найменших квадратів апроксимовані дані для ділянки 2-3.

При оцінці процесу гальмування на дорозі на основі даних зі стенду необхідно взяти до уваги похибки апроксимації та можливі відхилення під час екстраполяції або інтерполяції. Це зокрема включає аналіз нелінійних

характеристик і їх впливу на прогноз. Якщо лінійний підхід не забезпечує потрібної точності, рекомендується використовувати степеневі методи. У випадках, коли і тут неможливо досягти бажаної точності, потрібно глибше дослідити особливості нелінійності та визначити її причини. Для оцінки ступеня нелінійності використовують коефіцієнт.

Три ключові аспекти, які призводять до нелінійності характеристик, включають:

умови використання;

неправильне стану або зношування гальмових компонентів, таких як овальність барабана чи порушення при його обробці;

нерівномірність зростання гальмової сили в часі.

На представленому рисунку 4.7 показані два типи нелінійних відхилень для залежності $P\tau = f(p_n)$, викликаних умовами використання. Для деяких ситуацій реальна крива піднімається вище (BD_3), у той час як для інших вона спускається нижче (BD_2) порівняно з базовою кривою BD_1 .

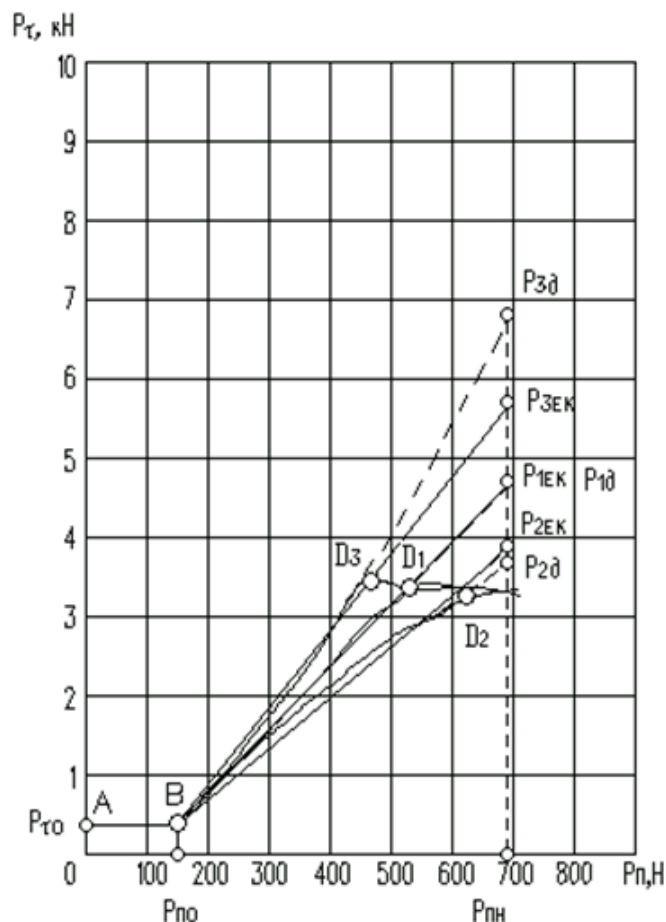


Рис. 4.7 Типові нелінійності відповідностей між гальмівною силою та силою натиску на педаль гальма.

При використанні лінійного підходу для опису характеристики у випадку 3 (Рис.4.7), прогнозовані дані будуть недооцінені при екстраполяції та переоцінені при інтерполяції. Для випадку 2 ситуація буде протилежна. Застосування ступеневої апроксимації до нелінійних характеристик зменшить розмір помилок, хоча їх характер залишиться тим же.

На рис.4.8 зображено, як нерівномірне зношування та відхилення в центруванні гальмових механізмів впливають на силові характеристики. Такі зміни можуть виникати в результаті овального зношування або неточностей при монтажі та ремонті гальмівних систем. Ці фактори викривляють первинну характеристику, додаючи до неї синусоїдальний компонент. Амплітуда цього компоненту корелює з ступенем нерівномірності зношування чи відхиленням в центруванні. Щоб забезпечити надійну роботу гальмівної системи та правильне прогнозування її характеристик, важливо регулярно контролювати та усувати такі неправильності.

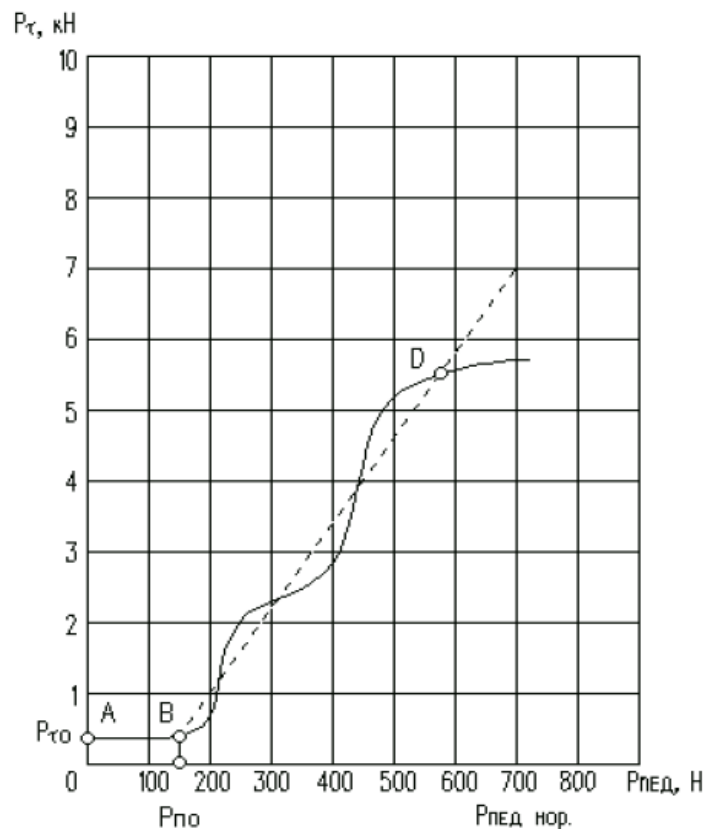


Рис. 4.8 зображено вплив відхилень в гальмовому диску чи барабані на ефективність гальмування та нерівномірне зношування або технічні порушення під час ремонту можуть викривити очікувані характеристики гальмівної сили.

При аналізі гальмівної системи важливо враховувати плавність збільшення приводного зусилля. Якщо зусилля збільшується раптово або неправильно, це може вказувати на потенційні проблеми з гальмами. Велике значення має залежність, яка відображає, як приводне зусилля змінюється з часом. Такі відхилення можуть вказувати на зношування частин гальмівної системи або її неналежне регулювання. Тому перед використанням даних випробувань важливо забезпечити, що умови тестування були відповідні, і виключити всі дані, які були отримані за умов неправильного приведення органа керування.

На ділянці 3-4 можна спостерігати особливості гальмівної характеристики, яка на ділянці 2-3 представляє собою інтегровану характеристику. Вона відображає взаємодію гальмівних механізмів, взаємодію коліс із стендовими роликками, а також зчеплення між колесом та роликом під час гальмування. Важливо зазначити, що на ділянці 2-3 інтегрована характеристика майже повністю відповідає характеристиці самого гальмівного механізму, оскільки інші фактори майже не впливають на цей процес. Таким чином, на ділянці 2-3 гальмівні характеристики можуть бути розглянуті як універсальні для обох умов - на стенді та на реальній дорозі.

Розташування точки 3 на характеристиці відіграє ключову роль і визначається, переважно, взаємодією опорної поверхні з шиною і навантаженням на колесо. Вертикальна складова навантаження на колесо і сила зчеплення між колесом та поверхнею ролика впливають на положення цієї точки: більші значення цих параметрів пересувають точку 3 вправо на графіку. Для наочного представлення, на рис. 4.9. зображено, як варіюються характеристики в залежності від навантаження на колесо.

У представлених характеристиках точки з індексом 1 вказують на низьке навантаження транспортного засобу, 2 – на середнє, а 3 – на високе. Хоча кут нахилу характеристики залишається незмінним незалежно від навантаження транспортного засобу, загальний рівень характеристики зростає через збільшення втрат на прокручування при збільшенні навантаження на колеса (особливо на ділянці 1-2). Це також призводить до пересування положення точки 3, що змінює довжину ділянки 2-3 характеристики.

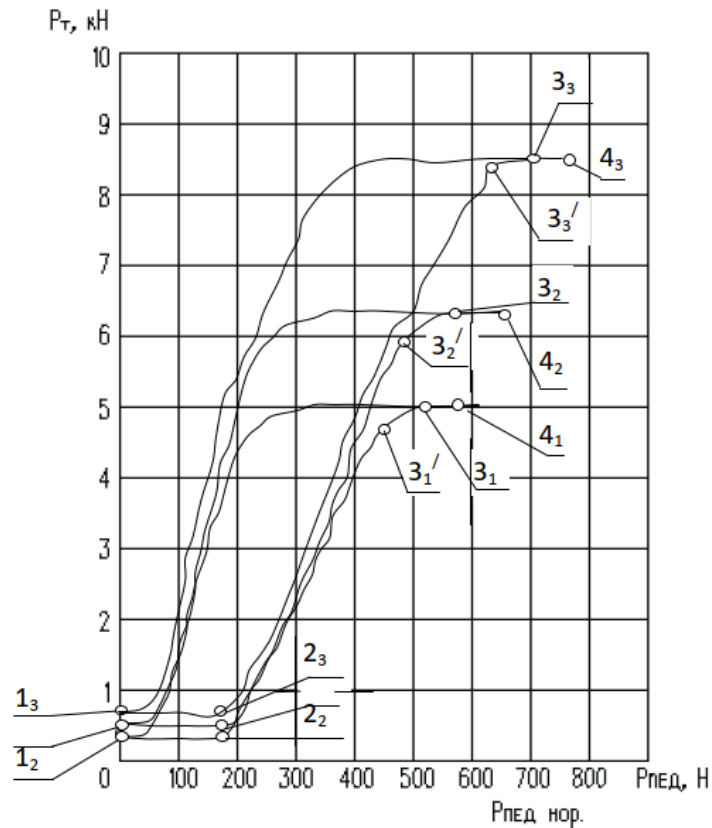


Рис. 4.9. Взаємозв'язок між гальмівною здатністю і вертикальним навантаженням на колесо.

Важливо зауважити, що точка 3 на діаграмі є приблизною, адже реальне блокування колеса відбувається більш конкретно в точці 4. Після переходу через точку 3 ковзання колеса стає більш визначеним, що суттєво впливає на гальмівну дію. З підвищенням інтенсивності ковзання, діаграма перетворюється, відображаючи поведінку колеса, яке ковзає по обертаючихся роликах стенда.

Для ефективного прогнозу гальмівних властивостей під час руху на дорозі, з урахуванням динамічних змін навантаження на колесо, важливо встановити точне положення точки 3. Це допоможе визначити область ділянки 2-3, в якій очікується дія гальмівної системи, відома з випробувань на стенді.

В результаті аналізу процесу, отримали модифіковану залежність, що відображає ковзання шини на рухомому підлозжі при різних рівнях гальмівної сили. Дану взаємодію можна побачити на діаграмі (Рис.4.10).

$$P\tau = P\tau_0 + (R_z \varphi_{yem} - P\tau_0) \cdot (1 - \exp(-K\tau S_0)) + m\tau \cdot S_0^{nr} \exp(-n\tau S_0) \quad (4.4)$$

Коефіцієнт ковзання шини колеса відносно покриття:

$$S_0 = S_k / S_m, \quad (4.5)$$

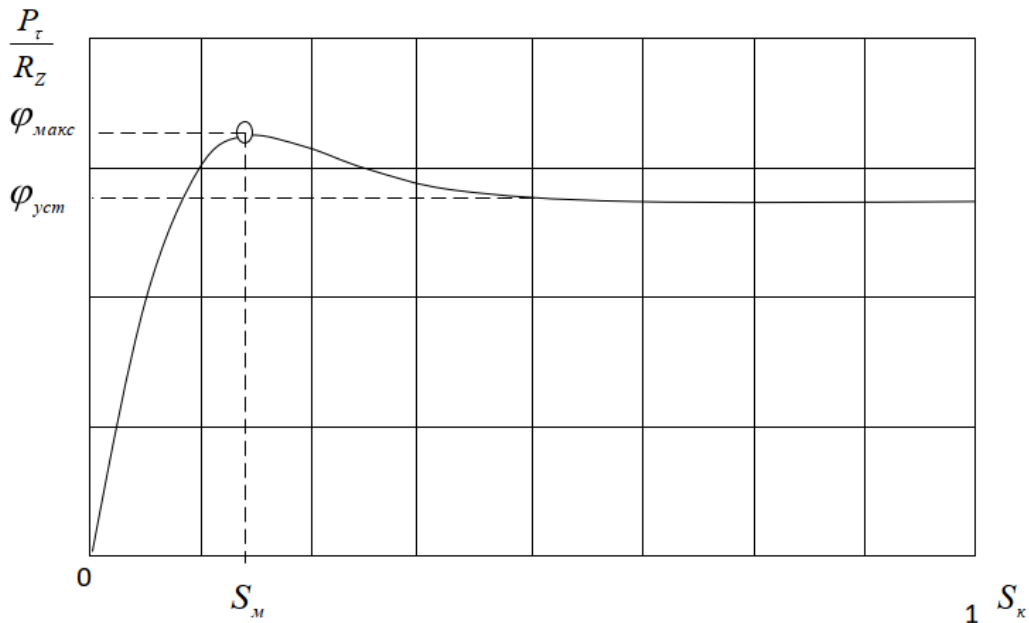


Рис. 4.10. Залежність коефіцієнта ковзання шини від величини $\frac{P\tau}{R_z} = f(S_\kappa)$

прикладеного гальмівного натиску.

Вираз (4.4) служить базовим джерелом для створення моделі гальмівного механізму на основі даних, отриманих на випробувальному стенді. В цьому підході ігнорується обопільний взаємозв'язок, зокрема вплив гальмівної сили на феномен ковзання колеса Z_5-Q_{21} і на фактор зчеплення з поверхнею $Z_{21}-Q_{19}$.

Простіші моделі, які приближено відображають характеристики зчеплення колес з опорною поверхнею (взаємодія $R_{19}-Y_{19}$), можуть бути описані наступними формулами:

$$P\tau = P\tau_0, \quad \text{при } p_n \leq p_{n0}, \quad (4.6)$$

$$P\tau = (P\tau_0 - B) + A(p_n - p_{n0}), \quad \text{при } p_n > p_{n0}, \quad (4.7)$$

$$P\tau = R_z\varphi_{уст}, \quad \text{при } P\tau > R_z\varphi_{уст}, \quad (4.8)$$

Коли зусилля на гальмівній педалі менше порогового значення, при якому починається активне гальмування, то гальмівна сила практично відсутня, і колесо просто прокручується без загальмовування.

Коли зусилля на гальмівній педалі перевищує вказаний поріг, то величина гальмівної сили розраховується відповідно до формули (4.7). Однак, водночас, ця величина повинна бути підтверджена умовами, заданими в формулі (4.8).

Основним обмеженням цих формул є відсутність урахування взаємодії між ковзанням колеса та величиною гальмівної сили. Також важливо

підкреслити, що момент, коли колесо починає блокуватися, не завжди збігається з критичною точкою характеристики, визначеної за умовами формули (4.8). Це може призвести до неточностей при практичних розрахунках і аналізі гальмівних систем.

Для отримання докладнішого аналізу та більш точного відображення реальних умов гальмування, заснованого на формулах (4.2) та (4.4), рекомендовано використовувати наступні модифіковані залежності:

$$P\tau = P\tau_0, \quad \text{при } p_n \leq p_{n0}, \quad (4.9)$$

$$P\tau = (P\tau_0 - B) + A(p_n - p_{n0}) - Q \cdot S_k + R_z \varphi_{yem} m \tau S_0^n \exp(-n \tau S_0),$$

при $p_n > p_{n0}$ (4.10)

4.5 Бічні відхилення на колесах під час гальмування

В процесі гальмування, окрім основних сил, що призводять до зменшення швидкості автомобіля, важливо враховувати також бічні реакції на колесах. Ці відхилення можуть виникати внаслідок різноманітних факторів, таких як нерівності дорожнього покриття, нерівномірне розподілення навантаження на колеса чи деякі конструктивні особливості автомобіля.

Бічні реакції можуть впливати на стабільність та керованість автомобіля під час гальмування, особливо на високій швидкості або на слизькому покритті. Тому важливо забезпечити правильний розподіл гальмівних сил між колесами, щоб мінімізувати ризик бічних відхилень.

Додатково, системи стабілізації та контролю тяги можуть автоматично коригувати розподіл гальмівних сил між колесами для забезпечення максимальної стабільності та безпеки під час гальмування.

Під час стендових випробувань гальмівної системи вимірюються гальмівні сили кожного колеса як вертикальні реакції. В таких умовах бічні сили практично не виникають. Однак, якщо автомобіль наїжджає на ролики стенда під неправильним кутом, можуть виникнути горизонтальні сили. Ці сили виникають при активації моторів стенда та спрямовані на виведення автомобіля

в правильне положення. Після корекції такої позиції, горизонтальні сили мінімізуються.

При незначному куті нахилу під час наїзду на ролики стенда, автомобіль під впливом бічних реакцій автоматично коригує своє положення. Проте, якщо кут нахилу досить великий, колеса можуть стикнутися з обмежувачами стенда. У такому сценарії, зазвичай, рекомендується знову встановити автомобіль на стенд, асигнуруючи його правильно щодо роликів.

Під час тестування керованих коліс, можливість регулювання напрямку автомобіля за допомогою керма дозволяє контролювати його положення на роликах стенда. Так, при бокових відхиленнях, водій може використовувати кермо для корекції положення машини, забезпечуючи оптимальний контакт колеса з роликом. Бічні реакційні сили, які виникають під час таких маневрів, компенсуються силами взаємодії механізмів рульового керування та реакцій від інших коліс, що не беруть участі у тестуванні.

При проведенні тестів за стандартними методами в таких умовах може бути спотворена інформація отриманих даних. Такі відхилення можуть впливати на взаємодію коліс і роликів стенда, а також на розподіл навантажень між колесами. Це, у свою чергу, може призвести до неточностей у визначенні оптимальних гальмівних сил. Особливо це відчутно у зміщенні визначення точки 3 на діаграмі гальмівної характеристики, яка відіграє ключову роль у вимірах.

Під час руху автомобіля на дорозі відбуваються різноманітні взаємодії між колесами та поверхнею дороги. Відмінно від умов стендового тестування, на дорозі завжди існують бокові реакції на колеса, які виникають через нерівність опору коченню між колесами, відмінності в гальмівних силах на різних колесах, а також через зсув центра мас транспортного засобу від його осі симетрії. Такі фактори можуть впливати на стабільність автомобіля під час гальмування та його керованість.

Невідповідність сил може створити небаланс, що спричиняє неочікуване відхилення від заданої траєкторії руху. Без своєчасної реакції водія це може призвести до контрольованого руху або, у гіршому випадку, до аварії.

Відхилення від заданої траєкторії може впливати на розподіл навантажень між колесами, порушуючи гальмівну рівновагу автомобіля. Це, в свою чергу, спричиняє непередбачувані зміни в силах тертя між колесами та дорожнім покриттям. За таких обставин, ефективність гальмівної системи може відхилитися від очікуваної. Коли розподіл навантаження на колеса стає незбалансованим, зчеплення деяких коліс з дорогою може зменшуватися, спричиняючи зниження максимальної гальмівної сили і зсув точки Z на гальмівній кривій. Отже, щоб забезпечити безпеку і стабільність автомобіля під час гальмування, необхідно забезпечити взаємодію всіх систем керування та моніторингу.

На додаток до цього, існує додаткова змінна. Бічні реакції на колесах можуть коливатися, досягаючи пікових показників, особливо за оптимальних умов зчеплення з дорогою. При такому навантаженні, гальмівна ефективність також підсилюється. У такому контексті, з'являються нові аспекти тертя між колесом та дорогою, які діють в горизонтальних і вертикальних площинах. Ці аспекти тертя є взаємозалежними і можуть взаємно модифікувати один одного в залежності від актуальних гальмівних та бічних сил, що діють на автомобіль.

Відповідь до гальмівної ефективності шини визначається гальмівним моментом, який передається на колесо. З іншого боку, бокові динамічні реакції в шині виникають через її деформацію на дорожньому покритті під час маневренннн або ковзання.

Одним із засобів аналізу максимальних значень гальмівної та бокової сил, враховуючи їх спільний вплив на властивості зчеплення шини з дорогою, є метод еліпсу тертя. Ця концепція виходить з того, що загальний вектор сили зчеплення в будь-який момент не може перевищити певний ліміт, незалежно від його орієнтації. Таким чином, гальмівні та бокові сили співвідносяться в межах цього еліпсу, гарантуючи оптимальний контроль над транспортним засобом.

Коли у нас є бокова сила, що діє на колесо при певному куті відведення без гальмівної сили, ця сила відома як X . Однак, коли гальмівна сила діє одночасно, бокова сила під цим же кутом відведення може відрізнитися. Щоб визначити цю силу, можна використовувати концепцію еліпсу тертя. В цьому

контексті мала вісь еліпса представляє собою Y_0 , а велика вісь - $X_{\text{макс}}$. Таким чином, взаємозв'язок між боковою та гальмівною силами може бути визначений за допомогою геометричної побудови цього еліпса.

$$(Y/Y_0)^2 + (X/X_{\text{макс}})^2 = 1 \quad (4.11)$$

Якщо ми візьмемо до уваги, що $X_{\text{макс}i} = R_{zi} \varphi_{xi}$, а X_i - поточні показники $P\tau_i$, додатково, при відсутності гальмівної сили, найбільша поперечна сила може проявитися під час бокового ковзання колеса $Y_{0i} = Y_{\text{макс}i} = R_{zi} \varphi_{yi}$, тоді Y_i - може виникати найвища поперечна сила, коли гальмівна сила досягає визначених рівнів X_i . Тому при врахуванні гальмівної сили, пікове значення поперечної сили може бути визначено як:

$$P_{Y_{\text{макс}i}} = R_{zi} \varphi_{yi} \sqrt{1 - (P\tau_i / (R_{zi} \varphi_{xi}))} \quad (4.12)$$

У реальних умовах роботи часто використовують простий лінійний підхід до оцінки бокової сили на основі кута відведення, представляючи її як коефіцієнт опору відведенню. Однак, глибоке аналітичне дослідження цієї залежності в усьому спектрі бокового ковзання зустрічається менш часто.

Аналізуючи форму кривої, можна відзначити, що її основна характеристика має схожість із залежністю (4.4). Однак, якщо для (4.4) ми можемо визначити всі коефіцієнти під час тестування на гальмівному стенді, то отримати їх для аналогічної залежності за допомогою стандартного роликового стенда виявляється складно. Втім, враховуючи те, що зчепні характеристики шини в поздовжньому напрямку тісно корелюють з її характеристиками в поперечному напрямку і впливають на кут відхилення, можна припустити, що коефіцієнти для поздовжнього напрямку будуть актуальні і для поперечного.

$$P_Y = P_{Y0} + (R_z \varphi_Y - P_{Y0}) \cdot (1 - \exp(-K\tau \cdot \gamma_0)) + m\tau \cdot \gamma_0 \exp(-n\tau \cdot \gamma_0), \quad (4.13)$$

Коефіцієнт поворотності колеса в залежності від його нахилу:

$$\gamma_0 = \gamma_k / \gamma_m, \quad (4.14)$$

У розглядуваному контексті показник має бути адаптований згідно формули (4.12). Тим не менш, для налагодження пікових показників згідно формулі (4.10) враховуючи реальні показники бокової сили, пропонується використовувати формулу, отриману за аналогією з формулою (4.12):

$$P_{X_{\max i}} = R_{Zi} \varphi_{Xi} \sqrt{1 - P_{Yi} / (R_{Zi} \varphi_{Yi})} \quad (4.15)$$

4.5 Моделювання силових параметрів гальмівної системи на основі даних лабораторних тестів

Емпірична діаграма силового впливу гальмівного механізму, отримана під час лабораторних досліджень, представляє собою розсіяний набір даних (див. рис. 4.5, 4.6). Окрім того, комплекс колесо - ролики - динаміка стенда може демонструвати властивості гармонічних коливань. Таким чином, засвідчені показники гальмівної дії можуть відхилятися від їх реальних значень через динамічні флуктуації у системі.

Для оптимізації процесу відображення або запису даних гальмівних сил, системи вимірювання стенда використовують фільтрацію, щоб зробити отримані діаграми більш стабільними та читабельними.

На рисунках 4.13 - 4.16 представлено діаграми процесу гальмування передніх правого і лівого коліс транспортного засобу Skoda Octavia, отримані за допомогою стенду СТ-2. Стенд оснащений тензометричними датчиками для вимірювання сил та цифровим блоком запису даних, який підключений до комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням і спеціалізованою платою для аналізу сигналів. За допомогою цього обладнання система фіксує первинний сигнал та проводить його базове програмне згладжування.

Відображені діаграми складаються з набору точок, де кожна точка характеризує певний момент часу під час гальмування. Абсциса кожної точки відображає силу натискання на педаль гальма, а ордината - відповідну силу гальмування для кожного колеса. Така візуалізація дозволяє аналізувати взаємозв'язок між зусиллям, яке водій прикладає до педалі, та ефективністю гальмування автомобіля.

На графіках 4.13 та 4.14 представлені дані, зібрані при активному підсилювачі (з включеним двигуном). У той час, як діаграми 4.15 і 4.16 відображають характеристики гальмування без дії підсилювача (з вимкненим

двигуном). Таке порівняння дозволяє оцінити вплив підсилювача на ефективність гальмівної системи.

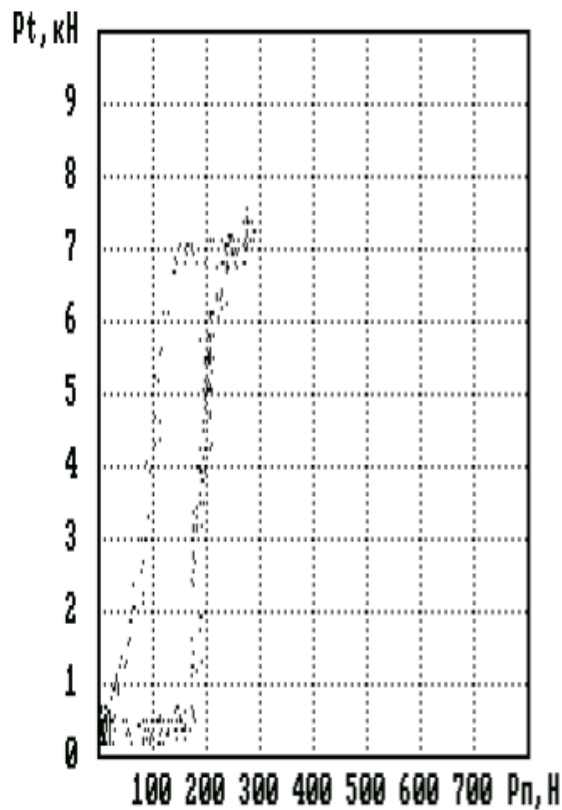


Рис. 4.13. Характеристика гальмування правого переднього колеса транспортного засобу з активованим гідروпідсилювачем.

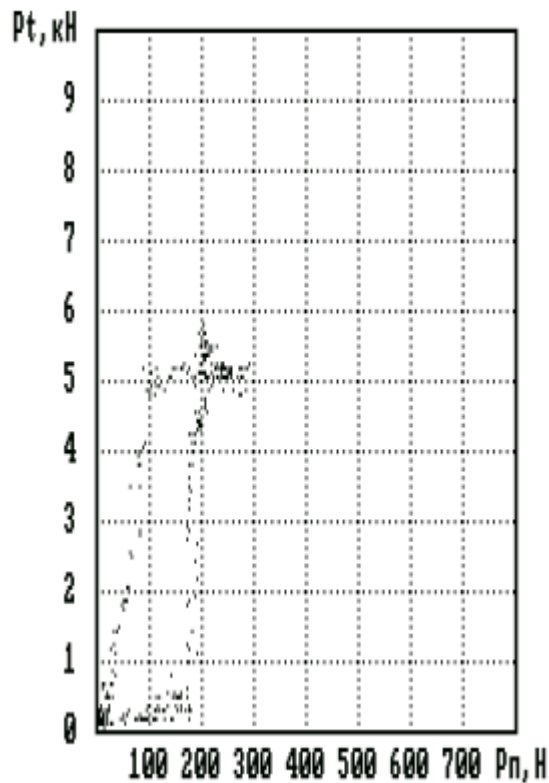


Рис. 4.14. Характеристика гальмівної дії лівого колеса при активованому системному підсилювачі.

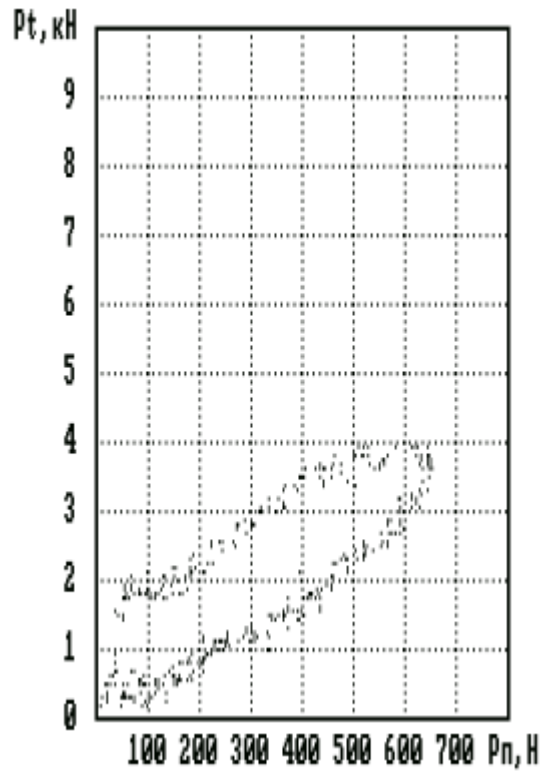


Рис. 4.15. Характеристика гальмування лівого колеса при відключеному системному підсилювачі.

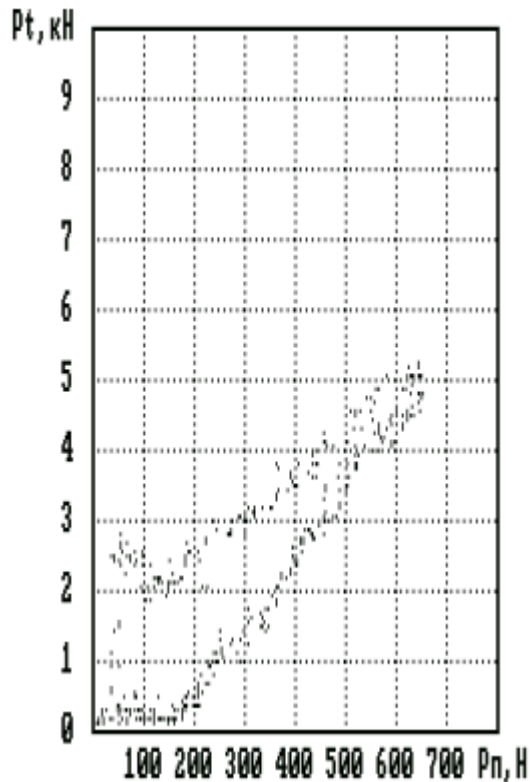


Рис. 4.16. Профіль гальмування правого колеса без активації підсилювача.

Оцінюючи ділянки "2-3" зазначених характеристик за допомогою методу найменших квадратів, можемо отримати математичні моделі цих відтінків у формі рівнянь і розрахувати їх параметри та . Візуальне порівняння моделей і

реальних даних зображено на діаграмах 4.17-4.20. Цей процес математичного моделювання може проводитися на комп'ютері в режимі реального часу впродовж вимірювальних процедур або пізніше, використовуючи збережені в пристрої зберігання дані.

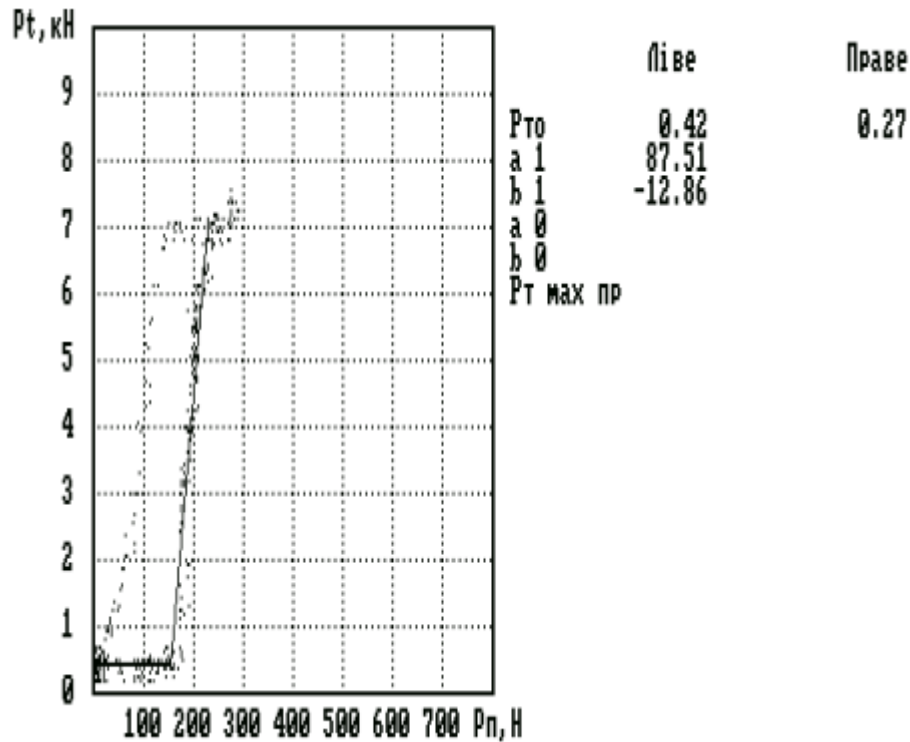


Рис. 4.17. Аналітичний профіль гальмування лівого колеса з активованим підсилювачем, включаючи розрахункові зусилля від прокручування та аналіз зони збільшення гальмівної сили перед блокуванням.

Враховуючи складність вимірювань на авто, оснащених вакуумними або гідровакуумними підсилювачами у повному обладнанні, отримання повної характеристики часто є недосяжним. Крім того, іноді вивчені сегменти не дозволяють визначити "точку зміни", що корелює з роботою підсилювача. Тому виникає потреба в аналізі цієї "точки зміни" та властивостей, які настають після неї.

Щоб вирішити цю складність, можна розглянути такі кроки:

Аналіз характеристик при активованому підсилювачі;

Оцінка характеристик без активного підсилювача;

У випадку, коли точка зміни не встановлена, припустимо, що вона кореспондує з максимальною величиною реєстрованого сегмента для кожного колеса. Також припустимо, що після цієї точки крива буде майже рівнобіжною

(з урахуванням ефективності підсилювача) до кривої, отриманої без активного двигуна, починаючи з визначеної точки зміни.

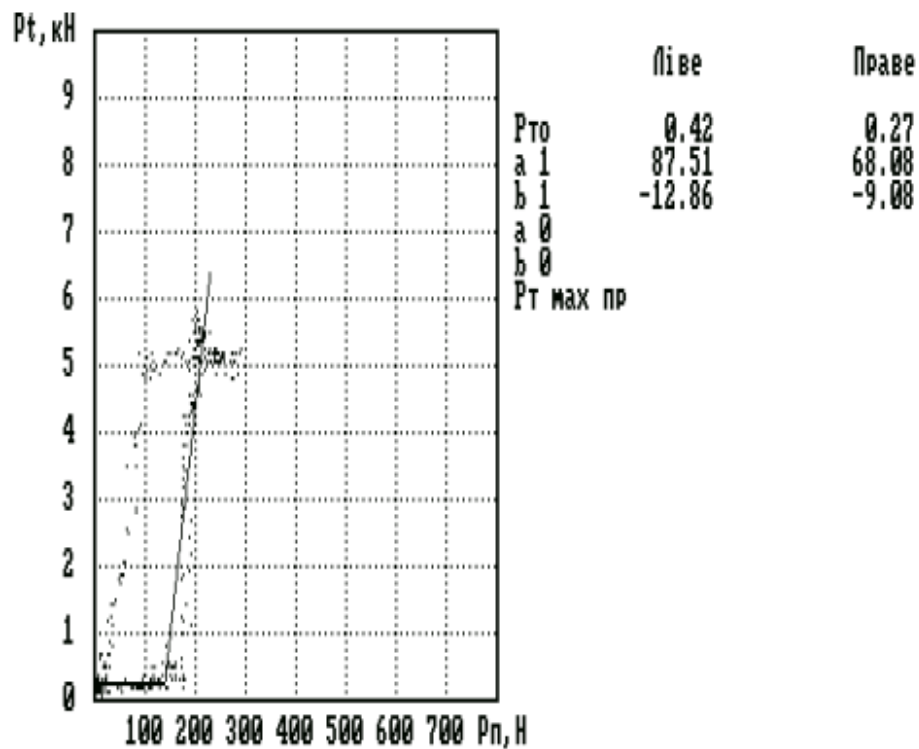


Рис. 4.18. Аналіз гальмівної характеристики правого колеса з активним підсилювачем, включаючи розрахункові параметри від прокрутки та детальний вивчення зони збільшення сили перед стадією блокування.

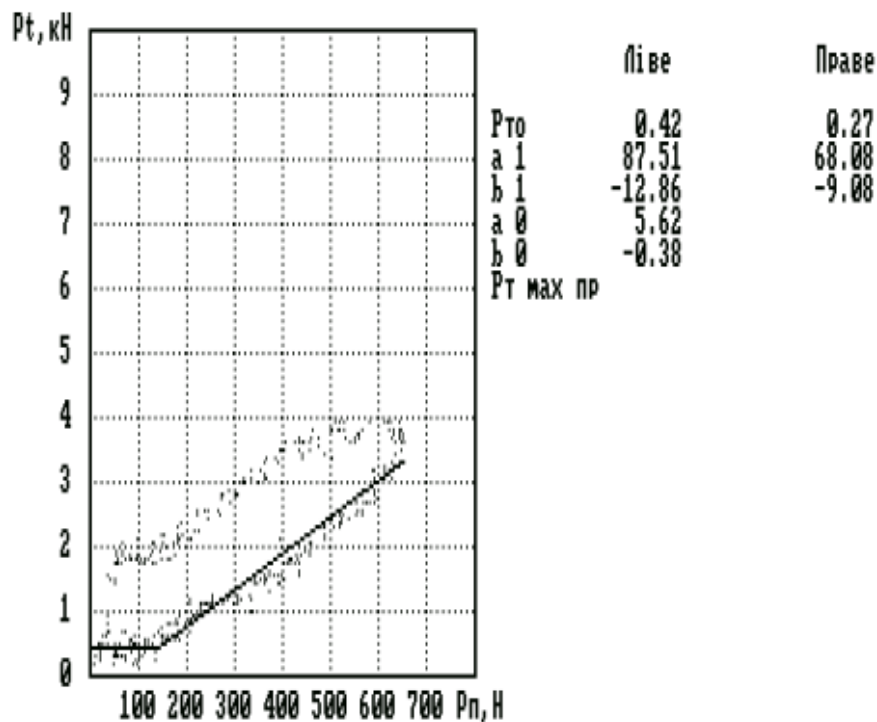


Рис. 4.19. Оцінка гальмівних властивостей лівого колеса без активного підсилювача, з урахуванням факторів прокручування та аналізом діапазону наростання гальмівного зусилля.

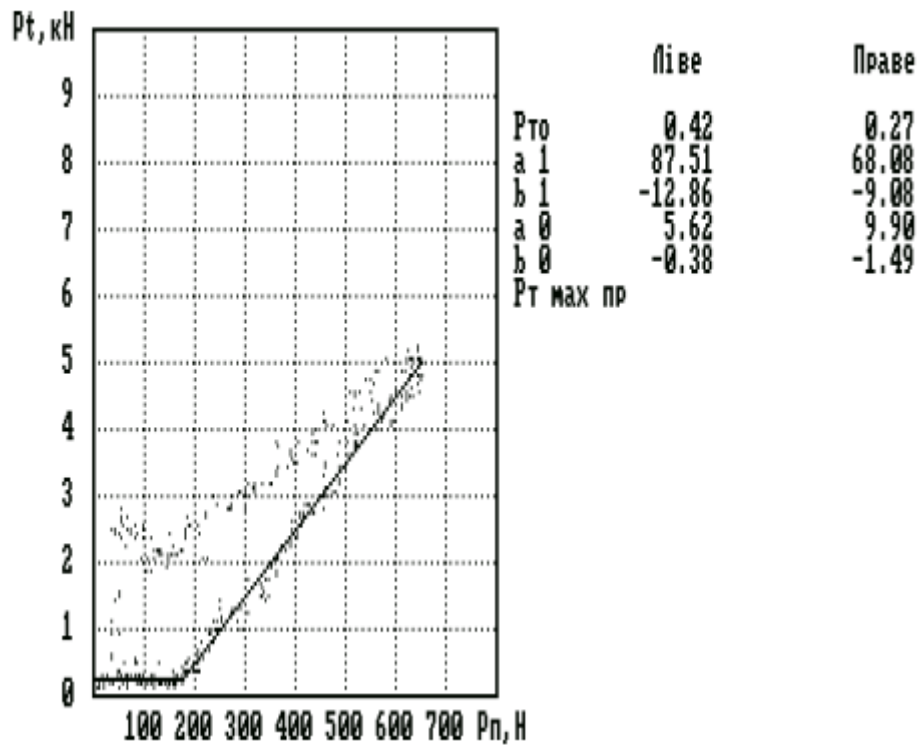


Рис. 4.20. Вивчення гальмівної характеристики лівого колеса без активації підсилювача, із деталями вимірювань прокручування вільних коліс та аналізом зони зростання гальмівного зусилля.

Рис. 4.21 та рис. 4.22 ілюструють процес апроксимації з урахуванням вищезазначених припущень, тоді як рис. 4.23 демонструє порівняння первинних характеристик з активованим двигуном та їх лінійну апроксимацію.

Використовуючи рекомендовану методика, можливість отримання точного прогнозу гальмівної сили відповідно до приводного зусилля збільшується. Точність прогнозу покращується, коли припущений момент перелому наближається до його реального положення.

Враховуючи положення точки перелому на основі паспортних даних автомобіля, можливе викривлення результатів через технічні недоліки привода, знос гальмівних систем або проблеми з розрідженням, які можуть виникнути в реальних умовах експлуатації.

Для точного встановлення точки перелому характеристики можна аналізувати залежність тиску в приводі від приводного зусилля. Однак цей метод робить процес діагностування дорожчим і менш зручним для широкого застосування. Більше того, багато гальмівних систем не дозволяють вимірювати тиск у гідроприводі, хоча це можливо для пневмопривода.

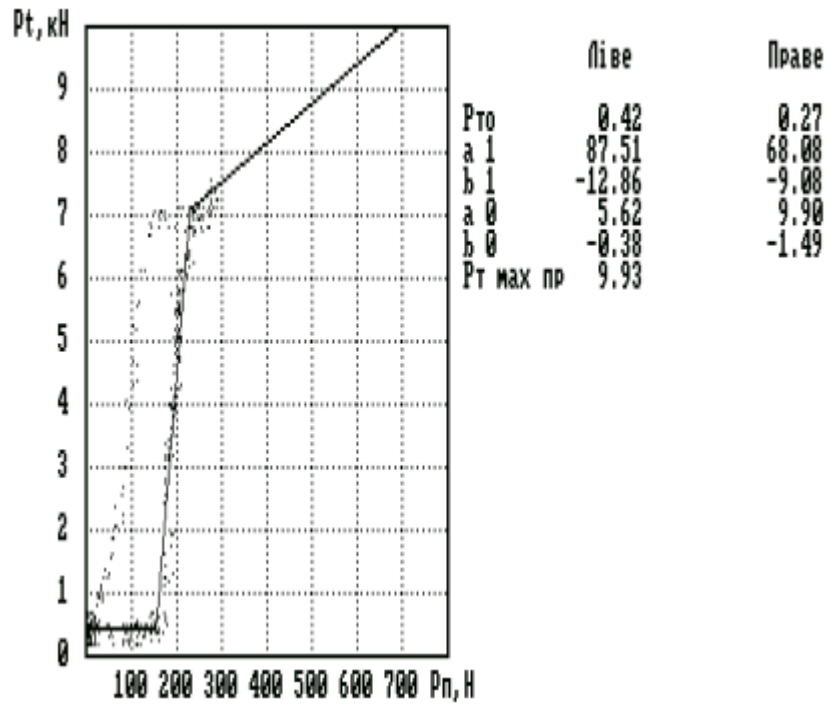


Рис. 4.21 Діаграма гальмування лівого колеса з активованим підсилювачем.

Діаграма також включає обчислені зусилля для негальмованих коліс та екстрапольовану ділянку зростання гальмівної ефективності.

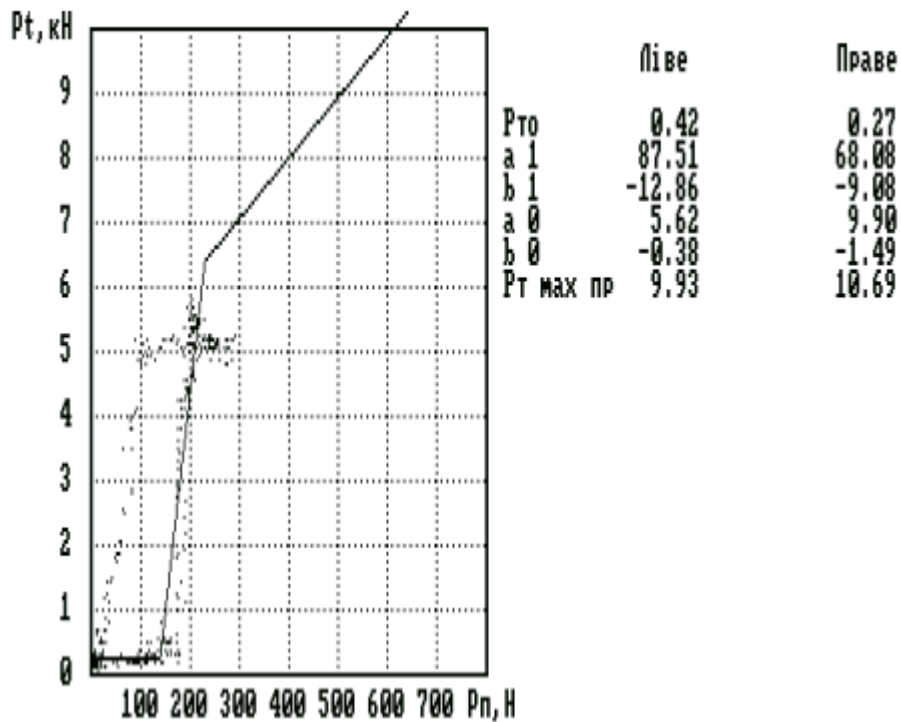


Рис. 4.22 Діаграма гальмування правого колеса із включеним підсилювачем. На графіку також представлені розрахункові зусилля для коліс без гальмування та екстрапольована частина зі збільшенням ефективності гальмування.

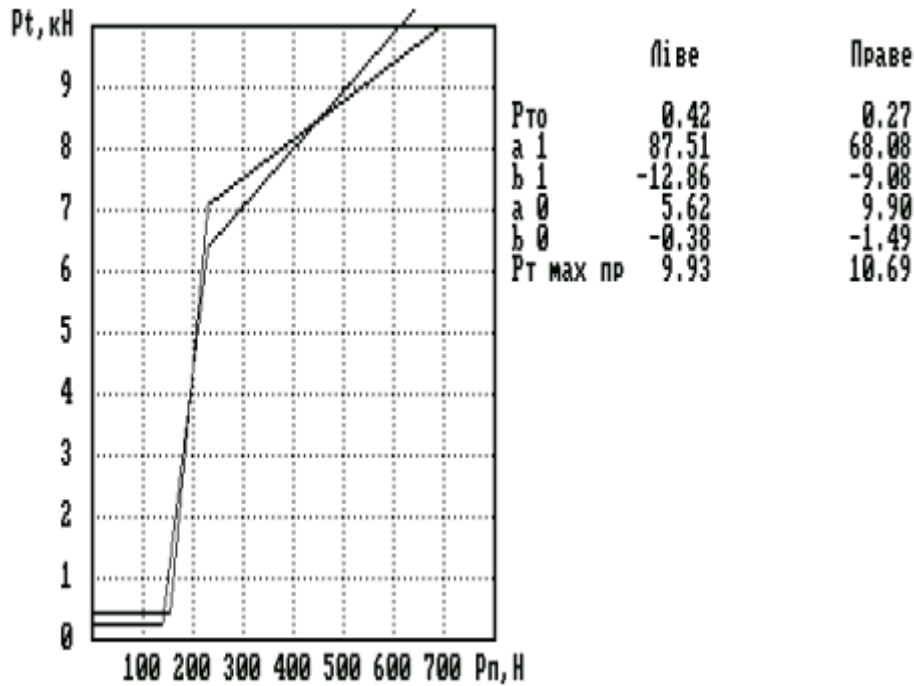


Рис. 4.23 Діаграми гальмування для лівого та правого коліс із активованим підсилювачем, створені на основі апроксимації та розширення фактичних гальмівних властивостей.

4.6 Визначення актуальних показників гальмівних сил, залежно від приводного зусилля чи тиску в гідроприводі

Аналізуючи характеристики гальмівних приводів кожного колеса на спеціалізованому стенді та отримуючи аналітичні залежності, можемо отримати обчислювані показники гальмівної сили для різних значень приводного зусилля або тиску в системі. Це можливо як для параметрів, доступних для тестування на стенді, так і для тих, що виходять за його межі. При цьому, необхідно враховувати можливі похибки: від апроксимації, при інтерполяції та екстраполяції (при прогнозуванні) та визначенні критичних точок характеристик підсилювача.

Ці показники гальмівних сил допоможуть у моделюванні гальмування на різних дорожніх поверхнях. Знаючи, як приводне зусилля водія змінюється з часом, що може бути представлено аналітично або у вигляді даних таблиці, можна визначити очікувані характеристики гальмівних систем. Також можна

враховувати особливості дорожнього покриття, такі як коефіцієнт зчеплення, для більш точного прогнозування взаємодії гальм і дороги.

Щоб скористатися цією можливістю, потрібно врахувати додатковий аспект. Характеристика, отримана на стенді, базується на плавному натисканні на гальмівний педаль. Коли натискання на педаль стає більш різким, наближаючись до екстремного гальмування (0,2 с), існує розбіжність між фактичним тиском у приводі та гальмівними силами порівняно із тими, які би відповідали зазначеному приводному зусиллю.

У ситуації негайного гальмування автомобілі з гідроприводом можуть виявляти затримку від 0,08 с до 0,20 с, залежно від типу авто. Ця затримка може спричинити викривлення реальних силових показників гальмівних систем. Використання даних про гальмівну силу, заснованих на плавному гальмуванні, у таких умовах може призвести до великих невідповідностей, зокрема на початковому етапі гальмування.

У такому контексті більш відповідними є показники, що відображають взаємозв'язок між гальмівною силою та тиском у приводі. За таких умов вплив затримки між гальмівною силою та тиском в приводі стає мінімальним. Згідно з дослідницькими даними, середнє відхилення таких показників лежить в межах статистичної похибки вимірювального обладнання для гальмівної сили.

Великі обсяги вимірювань тиску в приводі у реальних умовах є недосяжними. Отже, для практики можна рекомендувати оцінку затримки гальмівних сил відносно приводного зусилля для різних швидкостей його надходження. Існує потреба в аналізі, як швидкість надходження впливає на цю затримку, щоб у подальшому коректно розраховувати гальмівні сили, враховуючи цей фактор.

Діаграма на рис. 4.24 ілюструє обчислені показники гальмівної сили, отримані на основі адаптованої характеристики приводного зусилля. Враховано реальний час затримки гальмівної сили та параметри тиску в системі під час екстремального активування гальмів.

Для оптимізації розрахунків гальмівної сили варто використовувати автоматичний збір даних про поточне приводне зусилля. Ці діагностичні дані можуть бути автоматично записані в даних масиві. Подальший аналіз цих

даних у формі таблиці дозволить забезпечити більш точний розрахунок гальмівної сили, враховуючи реальні умови експлуатації.

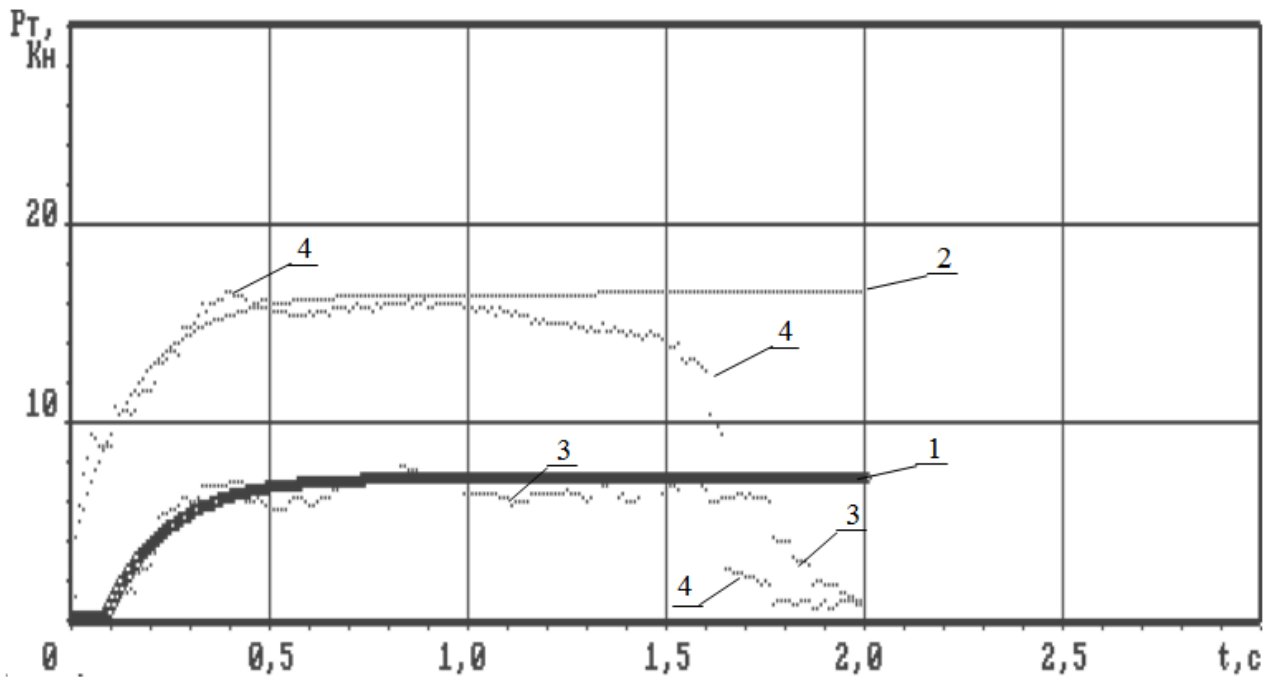
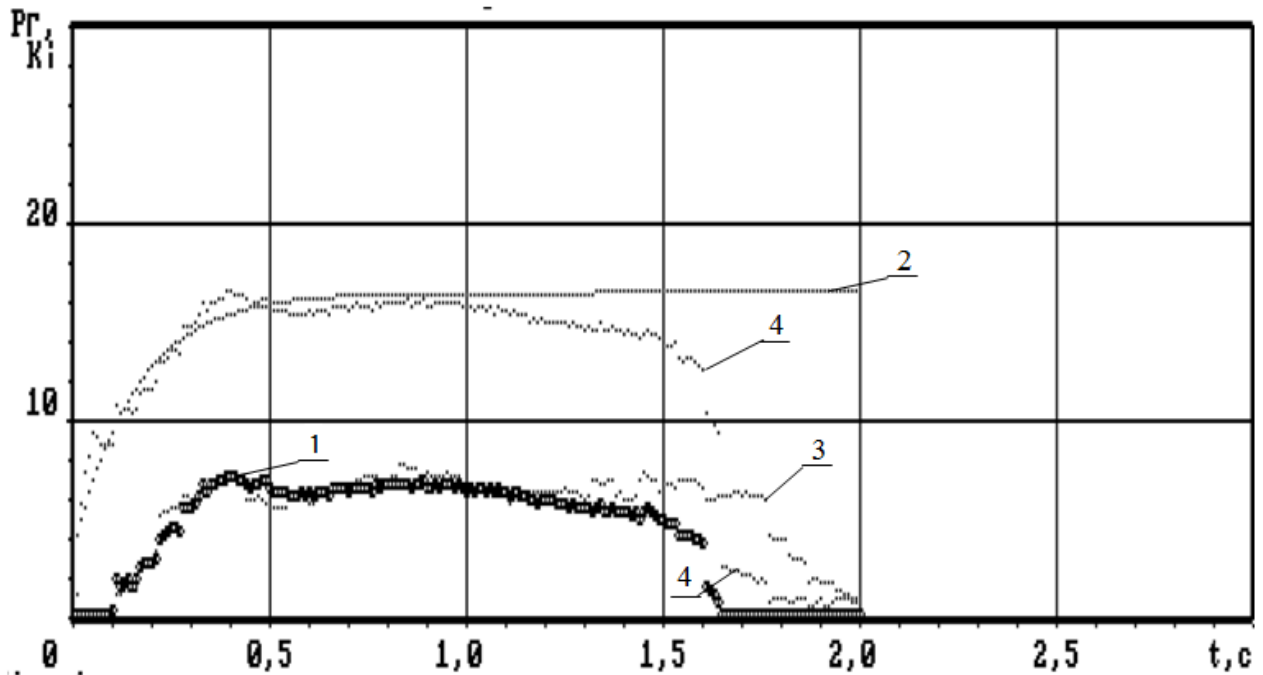


Рис. 4.24. Графік залежності вимірної гальмівної сили 1 від поточного приводного зусилля на педалі, зіставлений із стандартною характеристикою приводного зусилля 2.

1 – теоретичні значення гальмівної сили за розрахунками; 2 – модельований графік приводного зусилля в залежності від часу; 3 – виміряні дійсні значення гальмівної сили в реальних умовах; 4 – реальні показники зусилля, яке водій прикладає до гальмівної педалі.

Аналіз гальмівних сил на основі модельованих даних приводного зусилля в залежності від часу є найбільш відповідним для визначення ефективності гальмівної системи при стандартних умовах активації гальмівної педалі. Такий підхід дозволяє стандартизувати оцінювання гальмування і забезпечити об'єктивне порівняння різних автомобільних систем.

На діаграмі 4.25 представлені обчислені показники гальмівної сили, отримані на основі табличного представлення залежності приводного зусилля від часового інтервалу.



На діаграмі 4.25 представлені обчислені дані гальмівної сили 1, засновані на реальних показниках приводного зусилля педалі, які відображені в таблиці 2.

На діаграмі 4.25, 3 - реальні поточні показники гальмівної сили, які стають значущо відмінними від розрахункових показників 4 при інтенсивному зниженні приводного зусилля або розгальмовуванні. Це відбувається через те, що недооцінюється роль механічних втрат в гальмівній системі під час розгальмовування. Тобто, реальний процес розгальмовування вступає в дію після суттєвого спаду приводного зусилля. Однак при аналізі ефективності гальмування фаза розгальмовування не береться до уваги, тому такі відхилення не впливають на загальний результат.

4.7 Аналіз збігу модельних даних із реальними показниками гальмування

Порівняльний аналіз моделі та реальних даних було проведено на основі тестових результатів Skoda Octavia.

Науково-технічні випробування були проведені за допомогою спеціалізованих стендів: роликового стенда "Brecon 3.12+3.13" виробництва компанії "Hofmann" та стенда "СТ-2". Деталі випробувань представлені на рисунках 5.26 – 4.28.



Рис. 4.26. Стенд моделі СТ - 2,
1 – ліва роликова опора; 2 – права роликова опора.



Рис. 4.27. Секція лівої роликової системи стенда СТ-2

1 – основні привідні ролики зі спеціальним захисним покриттям; 2 – регулюючий ролик, який відповідає за безпеку роботи стенда, запобігаючи непередбачуваним рухам та можливому пошкодженню покриття при блокуванні колеса.

Вимірювальна апаратура стенда "Brecon 3.12+3.13" включає в себе два реєструючих пристрої, що дозволяють зафіксувати гальмівні характеристики автомобілів з гідролічним та пневматичним приводами. Щоб аналізувати отримані дані, графічні залежності оброблялись традиційним способом. Після цього, результати узагальнення в табличному форматі були введені в комп'ютер та зберігались як структуровані набори даних.

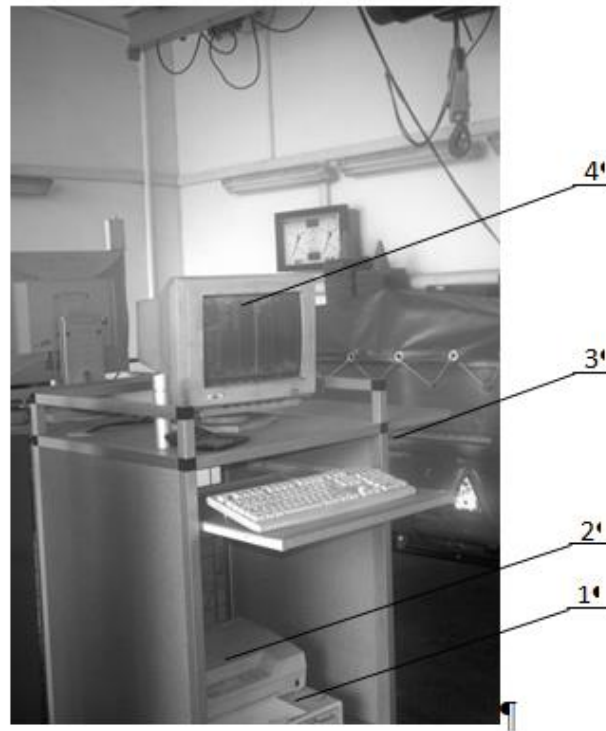


Рис. 5.3. Контрольний панель стенда:

1—оперативний блок, що інтегрований із вимірювальною системою стенда та забезпечений необхідним програмним обладнанням для проведення тестів та відображення результатів на дисплеї 4 або збереження їх на зовнішніх носіях (жорсткий диск або флеш-накопичувач); 2—друкарський пристрій для фіксації результатів тестування; 3—інтерфейс вводу інформації.

Система моніторингу стенда СТ-2 синхронізована із комп'ютерною системою для онлайн-трекінгу сигналів від датчиків стенда та додаткових пристроїв, які використовувалися під час тестування. Інтеграція здійснена через універсальний модуль аналогової та цифрової конвертації (АЦП/ЦАП). Швидкість вибірки сигналу на окремому каналі становить 30 мкс і може бути налаштована програмно. Кількість доступних каналів для комутації досягає 16.

Дані відносно вимірних параметрів реєструвалися з інтервалом у 0,01 секунди та перетворювалися в цифрові діаграми. Ці діаграми згодом відображалися на комп'ютерних моніторах як графіки для аналітичного вивчення.

Під час вимірювань фіксувалися наступні дані: сила гальмування на обох колесах, величина прикладеного зусилля на гальмівну педаль, величини тиску в гідроприводі (одне або два значення, в залежності від конструктивних

особливостей привода автомобіля), інформація від датчика про момент активації гальмівної педалі, а також інші відповідні показники.

У даному дослідженні отримані дані вимірювань використовувались для детального вивчення, обробки даних та симуляції механізму гальмування.



Рис. 4.29. Сенсор вимірювання натиску на гальмівній педалі.

Дорожні тести виконувались за допомогою мобільного вимірювального комплексу МСК-7, розробленого на базі системи. Цей комплекс призначений для випробувань гальмівних систем рухомого складу. Основний елемент комплексу - датчик відстані контактного типу, чий сигнал передається через інтерфейс АЦП/ЦАП до мобільного комп'ютера моделі TravelMate, який розташований всередині тестового транспортного засобу.

Під час дослідження, завдяки інтерфейсу АЦП/ЦАП та вбудованому комп'ютеру, були зафіксовані дієві значення зусилля на педаль гальма, дані з двох датчиків гідравлічного тиску, відгук датчика зниження швидкості, а також сигнал від датчика активації гальмівної педалі та інші параметри. Дискретизація вимірюваних значень виконувалася з інтервалом 0.01 с. Додатково, на основі аналізу вимірювань пройденого шляху та затраченого часу, програмне забезпечення автоматично розраховувало поточні показники швидкості транспортного засобу, а також його рівень сповільнення.

Актуальні показники швидкості відображалися на екрані ПК у вигляді інтерактивного віджета для зручності оператора та водія-експериментатора. Це забезпечувало більш високу точність у визначенні моменту, коли автомобіль досягав заданого темпу, в порівнянні з традиційними спідометрами. Така

система допомагала водію легше співставляти фактичну швидкість із нормативами безпеки.

Техніки та висновки з вивчення особливостей гальмування у лабораторних умовах, а також схематичне зображення, що демонструє ключові аспекти цих дослідів. Дані з польових тестів авто представлені на діаграмі 4.30.

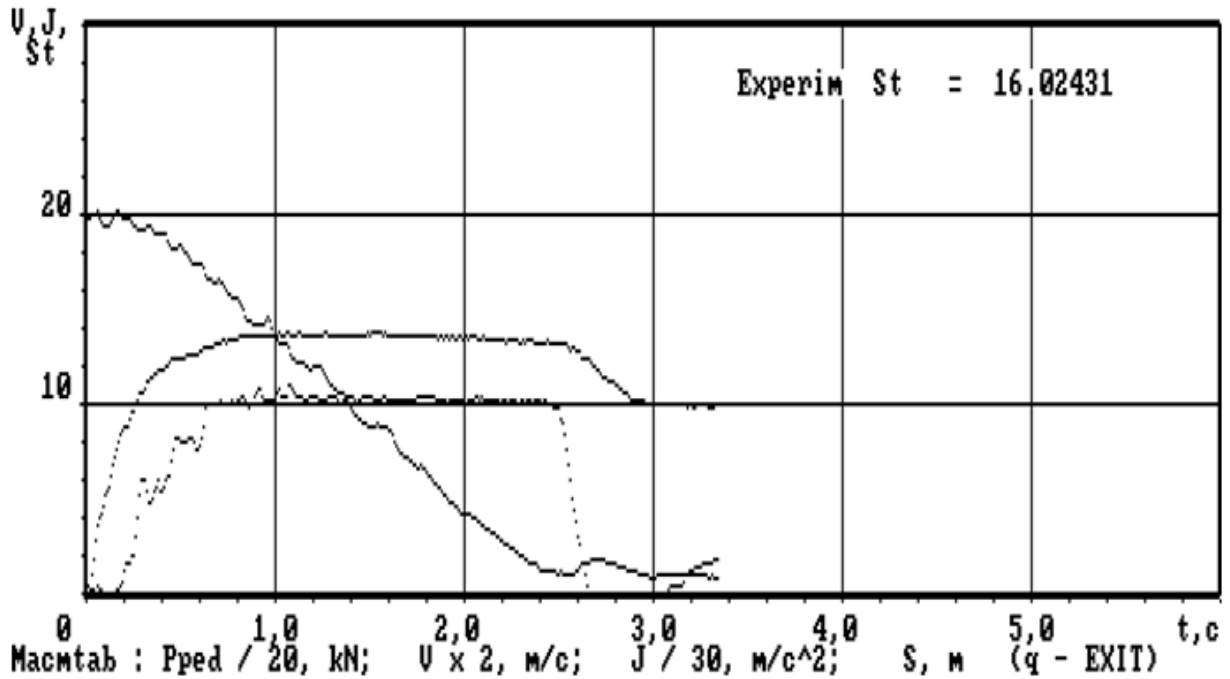


Рис. 4.30. Аналіз даних з польових тестів авто Skoda Octavia на дорожньому покритті.

Для адаптації моделі до реальних умов гальмування автомобіля на дорожньому покритті, в модель вводились первинні дані, які відображають реальні параметри гальмівного процесу в польових умовах. Зокрема, враховувались:

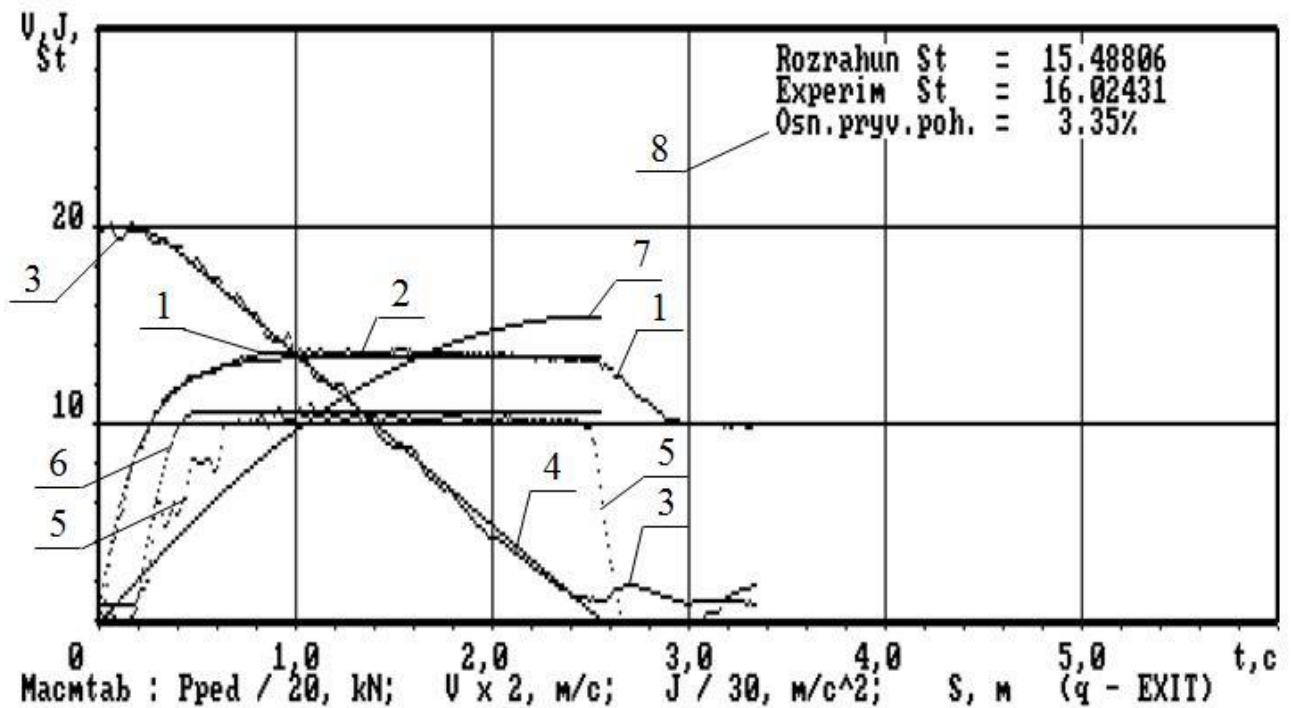
Для отримання надійних даних при кожному моделюванні бралися в облік реальні експериментальні дані стартової швидкості автомобіля перед гальмуванням.

У модельному відтворенні бралися в облік характеристики активації гальмівної педалі та показники тиску в гідроприводі, які були представлені у вигляді таблиць для кожного індивідуального епізоду гальмування.

Властивості гальмівних систем кожного колеса інтегрувались у модель за допомогою математичних рівнянь, отриманих під час тестування на спеціалізованому гальмівному обладнанні.

Встановлювалась величина коефіцієнта тертя, яка відображала особливості дорожньої поверхні. Додатково коригувались параметри коефіцієнта тертя для окремих коліс, базуючись на пікових показниках гальмівних сил та даних про ступінь ковзання, отриманих під час тестування на стенді.

Проводилася симуляція процесу гальмування, де результати моделювання були взяті для порівняння із даними, отриманими під час реальних дорожніх випробувань. На рис. 4.31 представлені виведені результати, базовані на теорії та аналізі даних з гальмівних стендів, відображені графічно поряд із результатами від реальних випробувань для наглядного порівняння.



4.31. Візуалізація адаптації даних з гальмівних стендів автомобіля Skoda Octavia до реальних дорожніх умов, порівнюючи із фактичними даними з початковою швидкістю гальмування 39,79 км/год.

1—експериментально виміряне зусилля на педалі гальм під час випробувань на дорозі; 2—теоретичний графік зусилля на педалі, базуючись на апроксимованих даних; 3—фактична швидкість автомобіля в ході випробувань; 4—прогнозована швидкість автомобіля на основі введених даних; 5—експериментально виміряне сповільнення автомобіля на дорозі; 6—сповільнення автомобіля згідно теоретичних розрахунків; 7—графік розрахункового гальмівного шляху; 8—

аналіз відмінностей між експериментальними і модельованими даними з врахуванням допустимого діапазону похибки.

Вивчення та порівняння теоретичних та експериментальних результатів демонструє, що розрахункова похибка у визначенні гальмівного шляху при вихідній швидкості близько 40 км/год не перевищує 5%. Це значно нижче за допустимі ліміти (до 10%), вказані в національних стандартах ДСТУ 3333-96 та ДСТУ 3649:2010.

4.8 Важливість та вплив отриманих в результаті дослідження даних

Результати цього дослідження мають важливе значення для розуміння та оптимізації процесу гальмування автомобілів. Дослідження допомогло виявити ключові параметри, які впливають на ефективність гальмування, а також дозволило перевірити відповідність розрахункових моделей реальним умовам на дорозі. Це, в свою чергу, надасть можливість розробникам автомобільних гальмівних систем враховувати отримані дані при проектуванні нових моделей, забезпечуючи більшу безпеку та ефективність гальмування.

Результати цього дослідження можуть знайти застосування при оптимізації методів діагностики і налаштування гальмівних систем у легкових і вантажних автомобілях. Також вони можуть бути корисними при модернізації гальмівних стендів, таких як СТ-2 та 4035, для підвищення їхньої точності та надійності.

В ході проведених досліджень було створено та експериментально валідовано набір методів і програмних інструментів для аналізу характеристик гальмівної системи автомобіля у певних умовах. Ці інструменти дозволяють акуратно оцінювати показники ефективності гальмування машини, незалежно від її завантаженості, на різних типах дорожнього покриття. Було також сформовано наукові рекомендації для впровадження цих методик у промисловому виробництві для більш точної діагностики гальмівних систем. Крім того, було розроблено критерії вибору та використання діагностичного обладнання, оптимізованого для цих новітніх методик.

Для оптимізації методології аналізу автомобіля з гідравлічним приводом у різних станах завантаження, команда дослідників пропонує два альтернативні підходи. Перший підхід передбачає використання сучасного програмного забезпечення для моделювання та аналізу гальмівних характеристик у різних умовах завантаження. Це дозволить точно прогнозувати поведінку автомобіля на дорозі в залежності від його маси. Другий підхід фокусується на розробці спеціального фізичного стенду для емпіричних випробувань автомобіля в реальних умовах. Така система дозволить отримувати точні дані про ефективність гальмівної системи автомобіля при різних станах завантаження. Обидва підходи можуть бути використані окремо або комбіновано для досягнення найкращих результатів діагностики та валідації гідравлічних систем гальмування.

У модифікованому варіанті система відразу аналізує і класифікує зібрані під час випробувань дані. Алгоритми обробки даних відповідають за миттєве обчислення, інтерпретацію та зберігання всіх необхідних показників у внутрішній базі даних комп'ютера. Це забезпечує оперативність і надійність процесу прогнозування властивостей гальмівної системи для різних режимів експлуатації автомобіля. Адже, окрім основного прогнозу, система автоматично створює резервні копії зібраних даних. Ці копії можуть бути корисними для підтримки процесів моделювання, науково-дослідницької роботи або навчальних програм. Така автоматизована система стає ідеальним інструментом для експертів, що займаються дослідженнями у галузі автомобільної техніки, а також для навчальних закладів, що спеціалізуються на автомобільних спеціальностях.

У вдосконаленому варіанті, програма оптимізує взаємодію з основною системою гальмівних стендів, дозволяючи здійснювати безпосередній доступ до необхідних файлів результатів випробувань, створених за допомогою стендів BSA компанії BOSCH. Це автоматизує процес обробки даних, покращує ефективність і забезпечує високу точність обчислень.

Застосуванням глибокого аналітичного інструментарію, програма вивчає та коригує результати, надаючи їм конкретний контекст в залежності від параметрів автомобіля. Отримані результати можуть бути візуалізовані у

вигляді графіків, таблиць та інших схем, що полегшують їх аналіз та інтерпретацію.

Кінцевим продуктом є не лише протокол з приведеними результатами, а й докладний звіт з рекомендаціями щодо подальшої оптимізації гальмівної системи, а також можливість збереження даних в різних форматах для подальшого аналізу або дослідження. Завдяки інтуїтивному інтерфейсу, оператор може легко налаштувати параметри аналізу та отримувати потрібну інформацію в миттєвому порядку.

Стратегія корекції результатів стендових випробувань транспортних засобів, коли вони перебувають у легкому стані, до умов повної маси може бути рекомендована до застосування для:

Розширення можливостей стендів BSA, щоб оцінювати технічний стан транспортних засобів з гідравлічними гальмами в легкому стані, враховуючи параметри та стандарти, що вимагаються для важких транспортних засобів;

Оптимізації діагностичного процесу, виключаючи етапи, як-от навантаження гальмівної осі або використання додаткових вантажів для імітації випробувань відповідно до ДСТУ 3649:2010, що дозволяє зекономити час і ресурси;

Зміцнення позицій BOSCH на українському ринку обладнання для автосервісів завдяки вдосконаленій технології діагностики, яка забезпечує більш точне та швидке тестування транспортних засобів.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Шум і інфразвук та мікроклімат у кабінах автомобіля

Технічний стан, обладнання та укомплектованість автомобілів, причепів, напівпричепів усіх типів, марок, призначень, а також усіх механічних засобів з робочим об'ємом циліндрів більше 50 см³, що перебувають в експлуатації, повинні відповідати Правилам технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту, Правилам дорожнього руху України, Санітарним правилам з гігієни праці водіїв автомобілів, інструкціям заводів-виробників.

До робочого місця водія автомобіля ставляться такі вимоги:

огороження робочого місця водія в салоні легкового автомобіля-таксі (захисний екран) та автобуса, якщо воно передбачено, має бути в справному стані;

вітрове та бокове скло не повинно мати тріщин та затемнень, не допускається використовувати додаткові предмети або наносити покриття, що обмежують оглядовість із місця водія, погіршують прозорість скла;

бокові шибки повинні плавно пересуватися від руки або склопідйомними механізмами;

на сидінні та спинці сидіння не допускаються провали, рвані місця, виступні пружини та гострі кути; сидіння та спинка повинні мати справне регулювання, що забезпечує зручну посадку водія;

ручки біля дверного прорізу, замки всіх дверей кузова або кабіни, а також привід керування дверима, сигналізація роботи дверей (відкрито, зачинено), аварійні виходи автобусів та пристрої приведення їх у дію повинні бути справними;

підлога кабіни (салону) автомобіля повинна застилатися килимком, що не має випадкових отворів та інших пошкоджень.

До несприятливих виробничих чинників у кабінах автомобілів належать шум. Основними його джерелами є двигун з вентилятором системи охолодження і випускним трубопроводом, ходова частина, кузов і вантаж.

Істотний внесок у загальний рівень шуму можуть здійснювати причіп і шумовий клімат середовища руху.

Практично всі дослідники підтверджують виявлену закономірність збільшення шуму зі зростанням швидкості руху і зношеності автомобілів, причому при розгоні переважає шум від вихлопної системи двигуна. У зношених автомобілях серед інших джерел шуму зростає роль кузова.

Результати численних досліджень впливу шуму на організм людини показують, що зазначені вище рівні можуть викликати у водіїв зниження слухової чутливості, зміни в серцево-судинній, ендокринній, центральній і вегетативній нервових системах і т.д.

Встановлені істотні зміни слуху у великій групі водіїв вантажних автомобілів, як тимчасові після зміни, так і постійні при тривалому професійному стажі, особливо у водіїв у віці 50 років і більше.

Не викликає сумнівів істотна роль шуму як одного з чинників, що обумовлюють зниження працездатності в реальних умовах діяльності і змін у стані здоров'я водіїв.

Показано, що при дії шуму 80 дБА розвиваються гальмівні процеси в корі головного мозку, ознаки невротизації на фоні виснаження функціональних резервів сенсомоторної зони кори, а при шумі 90 дБА в операторів вже з 2-ї години роботи різко збільшується час зорово-рухових реакцій, знижуються функції пізнання, пам'яті і т.д.

При шумі 70-72 і 90-92 дБА не виявлено відмінностей в операторській діяльності, проте виражені зрушення функціонального стану ЦНС дозволяють зробити висновок про зниження надійності роботи операторів, підвищення в них імовірності помилок і неприпустиме збільшення часу виконання операцій у складних і аварійних ситуаціях.

Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в кабінах вантажних автомобілів не повинні перевищувати 70 дБА, в салонах легкових автомобілів та автобусів - 60 дБА.

Відносно недавно порівняно з іншими виробничими чинниками описані рівні інфразвуку і характер його впливу на водіїв. Основними джерелами

інфразвуку є сам автомобіль (у першу чергу кузов, ходова частина, вантаж, причіп) і середовище руху.

Вплив характерних для автотранспорту рівнів інфразвуку на організм водія виявляється в пригніченні центральної нервової, дихальної, ендокринної та інших систем, від стану яких багато у чому залежать його працездатність і, отже, безпека руху.

Тому зниження рівня інфразвуку в кабінах автомобілів залишається актуальним завданням у плані вирішення загальної проблеми оптимізації умов праці водіїв сучасних автомобілів.

Вібрація робочого місця водія. Вібрація є одним з основних несприятливих виробничих чинників, що впливають на водіїв автомобілів. Основними джерелами локальної вібрації, що передається через органи управління автомобілем, є двигун і трансмісія. Рівень загальної вібрації залежить від якості дорожнього покриття, швидкості руху і конструктивних особливостей сидіння і ходової частини автомобіля. Дослідження специфічного впливу вібронавантаження на водіїв автомобілів у реальних умовах діяльності однозначно свідчать, що поріг збудливості вестибулярного аналізатора поступово підвищується до кінця робочої зміни.

Токсичні речовини в кабінах. Основними джерелами забруднення повітряного середовища кабіни автомобіля токсичними речовинами є двигун, картер, карбюратор, бензобак, повітря придорожньої зони, рідкий вантаж і пасажир. Безумовно, головний забруднювач - відпрацьовані гази двигуна самого автомобіля і гази, що потрапляють в кабіну з придорожньої зони. Проблема зниження забрудненості зони дихання водіїв залишається досить актуальною. Навіть порівняно невеликі концентрації токсичних речовин, особливо в поєднанні з іншими чинниками виробничого середовища, можуть негативно впливати на організм водіїв і, отже, знижувати безпеку дорожнього руху.

Встановлений факт збільшення до кінця робочого дня карбоксигемоглобіну в крові у всіх, без винятку, обстежених водіїв. Причому у 8 з 32 водіїв, що не курять, його концентрація була вищою 10%, а у 3 навіть більше 20%. Концентрації карбоксигемоглобіну в крові водіїв (1,7-2,4%) можуть

призводити до порушень сенсомоторних реакцій. За даними ВОЗ, концентрації, що перевищують 2,5% , можуть викликати порушення психофізіологічних реакцій організму і небезпечні для осіб, зайнятих водінням автотранспорту. Абсолютно ясно, що концентрації в крові карбоксигемоглобіну понад 5% недопустимі.

У той самий час ВОЗ звертає увагу на те, що необхідне і подальше ретельне дослідження впливу порівняно низьких рівнів карбоксигемоглобіну на якість водіння автомобіля. Це тим більш актуально за існуючої недостатньої кількості відомостей про здатність водіїв адаптуватися до постійного впливу низьких концентрацій оксиду вуглецю, що викликають утворення 2-3% карбоксигемоглобіну в крові.

Істотність впливу токсичних речовин на організм водіїв обумовлює необхідність вживання заходів, спрямованих на зниження їх концентрацій у повітрі кабіни. Відповідні заходи можуть бути поділені на 4 основні групи:

- зниження токсичності відпрацьованих газів;
- зниження забрудненості токсичними речовинами придорожньої зони;
- попередження попадання токсичних речовин у кабіну автомобіля зі всіх можливих джерел;
- ефективне видалення токсичних речовин з кабіни автомобіля.

Таким чином, незважаючи на помітний прогрес у плані зниження концентрацій токсичних речовин в кабінах автомобілів, проблема забруднення повітряного середовища робочого місця водія все ще не вирішена. Основні зусилля для її вирішення мають бути зосереджені в 5 основних напрямках:

вдосконалення конструкцій автомобілів, особливо двигунів, для підвищення їх економічності, більш повного згорання палива і зниження токсичності відпрацьованих газів;

здійснення комплексу гігієнічних, містобудівних, організаційних та інших заходів щодо зниження забрудненості повітря придорожньої зони як одного з основних джерел токсичних речовин на робочому місці водіїв автомобілів;

активне використання альтернативних, екологічно більш виправданих джерел енергії для автотранспорту;

вдосконалення системи ремонту, технічного обслуговування і контролю за технічним станом вузлів і агрегатів автомобіля, що впливають на забруднення кабіни токсичними речовинами;

навчання водія правильним прийомам управління автомобілем і догляду за ним, що забезпечить мінімальну токсичність відпрацьованих газів і попадання токсичних речовин у кабіну.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони водія в кабіні (салоні) не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій табл. 3.6.

Однією з найбільш складних проблем автодорожньої медицини є нормування мікроклімату кабін автомобілів. Відомо, що нормування мікроклімату на робочих місцях має свої особливості, зокрема, необхідність урахування сукупного впливу на організм декількох чинників (температура, вологість повітря, температура огорож і т.д.), різних реакцій організму в різні сезони року, термічного опору одягу, важкості і напруженості праці.

Ще більш специфічна проблема нормування мікроклімату для осіб, зайнятих операторською працею в приміщеннях малого об'єму.

У зв'язку з тим що водій постійно сидить у кріслі поблизу стінок кабіни, зменшується його тепловіддача і змінюється раціональний обмін тепла. Водій зазнає впливу різких перепадів температур при виході з кабіни.

Мікроклімат у кабіні залежить від особливостей систем опалювання, вентиляції, а також ряду конструктивних параметрів самого автомобіля (герметичність кабіни, розташування двигуна, його теплоізоляція, теплоємність і теплопровідність матеріалів, ступінь засклення кабіни і т.д.). Істотну роль у формуванні мікроклімату в автобусах і легкових автомобілях може відігравати кількість пасажирів, що перевозяться, кількість і частота зупинок з відкриттям дверей, режим роботи двигуна і т.д.

Відмітною особливістю нормування мікроклімату є виділення оптимальних і допустимих його рівнів, що дозволяє адекватно підходити до оцінювання умов праці працюючих і відповідно диференціювати гігієнічні рекомендації.

Беручи до уваги, що ціна помилки оператора, в нашому випадку водія автомобіля, може бути дуже великою, дія нормованих чинників, як уже

наголошувалося, повинна сприяти підтриманню необхідного рівня працездатності. Отже, мікроклімат кабіни повинен відповідати оптимальним характеристикам, тобто справляти таку дію на організм водія, яка не тільки не викликала б порушень у стані здоров'я, самопочутті водія, але й сприяла підтриманню його високої працездатності. Природно, що такий мікроклімат може підтримуватися лише за допомогою установок кондиціонування повітря.

Встановлено, що при $+32,2-33,3$ °C знижуються швидкість розумових процесів, асоціативна пам'ять, точність і швидкість дій при моделюванні операторської діяльності. Автори звертають увагу, що вплив цього фактора посилюється при підвищенні і зниженні вологості повітря.

Освітленість. Однією з важливих гігієнічних характеристик робочого місця водіїв автомобілів є можливість своєчасного виявлення і сприйняття необхідної інформації. Вона залежить як від носія цієї інформації, самої структури інформаційного потоку, функціонального стану зорового аналізатора водія, так і від ряду світлотехнічних характеристик самого середовища, у якому знаходиться цей носій.

Якщо врахувати час, потрібний водієві на сприйняття несподіваної інформації, її осмислення, прийняття рішення і здійснення його у вигляді рухової реакції, то відстань, на якій він повинен помітити носія інформації, повинна складати десятки метрів і відповідати дозволений на даній ділянці дороги максимальній швидкості руху автомобіля, тобто гальмівний шлях повинен бути істотно меншим за дальність видимості.

Розглянемо такий параметр середовища руху, як освітлення. Відомо, що кількість ДТП зі смертельними наслідками в нічний час майже в 3 рази вища, ніж удень (відповідно 8 і 3 на 100 млн миль пробігу автомобіля). У той самий час поліпшення освітленості доріг приводить до зниження кількості ДТП з участю пішоходів на 45%. У Фінляндії при хорошій освітленості доріг кількість ДТП зі смертельними наслідками зменшується на 40%, з тяжкими наслідками - на 35% , а загальна кількість ДТП - на 30%. Поліпшення освітленості доріг дає також істотний економічний ефект. Внаслідок полегшення управління автомобілем і зниження напруженості праці водія збільшуються швидкість

руху автомобілів, пропускна спроможність доріг, зменшується імовірність засліплення водіїв і т.д.

Безумовно, освітлюватися в першу чергу повинні ті ділянки, на яких найбільш велика імовірність ДТП: перехрестя, пішохідні переходи, тунелі, ділянки доріг з інтенсивним рухом, з крутими поворотами, частими сніжними заносами, ожеледдю, а також майданчики для відпочинку, стоянки і т.д. У нормативних документах середня горизонтальна освітленість покриття доріг визначається в діапазоні від 2 (при покриттях нижчого типу) до 20 лк на швидкісних дорогах. Враховуючи, що видимість носіїв інформації залежить не тільки від освітленості, але й від яскравості покриття, прийнято норми цього параметра, які коливаються від 0,2 до 1,6 кд/м². Істотне значення має також рівномірність освітленості дороги, її перепади не повинні перевищувати співвідношення 1:3 в суху погоду і 1:1,6 у дощову. Особливо слід побоюватися перепадів освітленості при в'їзді і виїзді з тунелів; перехід від високих рівнів до низьких повинен бути поступовим і розраховуватися в кожному випадку, виходячи з дозволеної максимальної швидкості і часу, необхідного на переадаптацію зорового аналізатора.

Здійснюючи гігієнічну оцінку освітлення доріг, слід звертати увагу на неприпустимість світильників, що коливаються від вітру (тіні від них переміщуються на дорозі), а також розташування джерел світла на одній лінії з носіями інформації і очима водіїв.

Сприйняття водієм інформації залежить і від освітленості всередині кабіни, яка повинна бути не менше 10 лк на рівні приладового щитка, а шкали приладів повинні підсвічуватися (не менше 1,2 лк), причому бажане регулювання цього підсвічування і яскравості індикаторів ламп, дисплеїв і т.д. залежно від освітленості середовища руху. Встановлено, що найсприятливішим для водіїв є синьо-зелене або жовте підсвічування шкал.

При визначенні вимог до освітленості середовища руху, зокрема розмірів освітленої зони, слід враховувати і таку важливу ергономічну особливість конструкції автомобіля, як оглядовість. В обстановці густого багаторядного міського руху погляд водія звичайно переміщається на 40—50° вліво і вправо від центра дороги і на 20—30° вгору. Недостатня оглядовість автомобіля може

негативно позначитися на стані водія в умовах поганої освітленості. Раніше ми вже відзначали парадоксальність ситуації: зовнішня оглядовість (зона, що очищається склоочисником) зменшується саме тоді, коли вона вкрай необхідна для безпеки руху - при погіршенні видимості. Зменшення зони очищення до площі менш як 0,4 м² призводить до різкого підвищення аварійності на дорогах. Дискусійне твердження, що в умовах поганої видимості зменшується «робоча зона видимості», тобто зона середовища руху, забезпечення огляду якої дозволяє «упевнено контролювати положення автомобіля на смузі руху». Мабуть, в умовах поганої видимості відбувається протилежне: зменшення зони видимості змушує водія знизити швидкість для забезпечення безпеки руху. Очевидно, розміри зони очищення повинні розраховуватися з урахуванням як заданої швидкості руху автомобіля, так і особливостей середовища руху, у тому числі й освітленості, що визначає параметри видимості.

Органи керування автомобілем повинні мати справні ущільнювачі, що перешкоджають проникненню відпрацьованих газів до кабіни (салону). Системи живлення, змащення та охолодження повинні бути справними і не мати течі палива, масла, антифризу, води. У відділеннях, призначених для пасажирів та водія, не має бути ніяких пристроїв та елементів паливної системи. Розміщення елементів паливної системи повинно бути таким, щоб у разі витікання паливо попадало тільки на дорогу і була повністю виключена можливість його попадання на елементи вихлопної системи. Елементи і з'єднання системи випуску відпрацьованих газів повинні знаходитися в справному стані. Вентиляція картера двигуна повинна працювати справно, не допускаючи прориву газів у підкапотний простір.

Стоянкова гальмівна система повинна забезпечувати нерухомий стан транспортного засобу повної маси на шляху з ухилом не менше 16% , а для легкових автомобілів, їх модифікацій для перевезення пасажирів, а також автобусів у спорядженому стані - не менше 23% і для вантажних автомобілів та автопоїздів у спорядженому стані - не менше 31%.

Диски колес повинні надійно кріпитися на маточинах. Замкові кільця мають бути справними і правильно встановленими на своїх місцях. Не допускається наявності тріщин та погнутості дисків колес.

Технічний стан електрообладнання автомобіля повинен забезпечувати пуск двигуна за допомогою стартера, безперебійне та своєчасне запалювання суміші в циліндрах двигуна, безвідмовну роботу приладів освітлення, сигналізації та електричних контрольних приладів, а також виключати можливість іскроутворення у проводах і затискачах. Усі проводи електрообладнання повинні бути закріплені і мати надійну непошкоджену ізоляцію, що виключає можливість їх обриву, перетирання, зношення або короткого замикання. Запобіжники системи електрообладнання, які застосовуються для заміни спрацьованих, повинні відповідати технічним вимогам. Акумуляторна батарея має бути надійно закріплена. Не допускається течі електrolіту з моноблока акумуляторної батареї.

Кожний автомобіль повинен бути укомплектований упорними колодками не менше 2 шт., вогнегасником, медичною аптечкою, знаком аварійної зупинки (миготливим червоним ліхтарем). Автобуси та вантажні автомобілі, що призначені для перевезення людей і спеціально обладнані для цієї мети, повинні укомплектовуватися додатково другим вогнегасником, при цьому один вогнегасник повинен знаходитися в кабіні водія, інший - у пасажирському салоні автобуса або кузові автомобіля. При відправленні в рейс тривалістю більше однієї доби вантажні автомобілі та автобуси повинні додатково укомплектовуватися підставками (козелками), лопатою, буксирним пристроєм, запобіжноювилкою (переносним пристроєм) для замкового кільця колеса, а взимку - додатково ланцюгами протиковзання.

Храповик колінчастого вала повинен мати неспрацьовані прорізи, а пускова рукоятка - пряму шпильку відповідної довжини та міцності. Ручка пускової рукоятки повинна бути гладкою, без задирок.

Двері кабін (салонів), капоти повинні бути зі справними обмежувачами відкривання і фіксаторами відкритого та закритого положення.

Не допускається обладнання салону автобуса додатковими елементами конструкції, що обмежують вільний доступ до аварійних виходів. Аварійні виходи повинні бути позначені та мати таблички з правилами їх використання. Забороняється двері основних та аварійного (запасного) виходів утримувати у непрацездатному стані, заварювати, запирати на замки, болти тощо. Підніжки,

буфери, спеціальні площадки повинні мати незношену рифлену поверхню і бути надійно закріплені в місцях, передбачених конструкцією транспортного засобу.

5.2 Додаткові вимоги до вантажних автомобілів, причепів, напівпричепів

Вантажні автомобілі з переднім розміщенням кабін (кабіни яких підіймаються) повинні мати для їх фіксації справні заскочки на упорах. Кузов вантажного бортового автомобіля, причепа та напівпричепа не повинен мати поламаних брусів та дощок; технічний стан бортів повинен виключати можливість випадання вантажу під час руху автомобіля. Борти кузовів повинні вільно відкриватися, мати справні петлі та запори. Для перевезення пасажирів кузов бортового вантажного автомобіля повинен бути обладнаний драбиною або скобами для посадки та висадки, сидіннями на відстані не менше 0,3 м від верхнього краю борту та 0,3-0,5 м від підлоги; задні та поздовжньо розташовані біля бокових бортів сидіння повинні мати міцні спинки. Бортові запори повинні надійно закріплюватися.

Вантажний автомобіль, який використовується для постійного перевезення людей, повинен бути обладнаний:

тентом або іншим пристроєм, що захищає людей, яких перевозять, від атмосферного впливу;

освітленням усередині кузова;

рівною підлогою, без наскрізних отворів та щілин;

звуковою та світловою сигналізацією, сполученою з кабіною;

стаціонарною або знімною драбиною для посадки та висадки людей з боку заднього борту;

выпускною трубою глушника, яку виведено за габарити кузова на 30—50 мм.

Поворотне обладнання причепів та напівпричепів (поворотні візки або керовані колеса) повинне мати справні блокувальні пристрої для зручності маневрування під час руху автомобіля заднім ходом. Причепа (крім одновісних

та розпусків) повинні мати справні пристрої, що підтримують зчіпну петлю дишла в положенні, яке полегшує зчеплення та розчеплення з тяговим автомобілем.

При зміцненні конструкції дишла в процесі ремонту повинна бути забезпечена висота його положення, передбачена заводом-виробником. Зчіпний пристрій тягача і причепа має бути справним.

Одновісні причепа (крім розпусків) повинні мати справні опорні стояки, що забезпечують стійкість причепів у відчепленому стані, та механізми їх підймання-опускання. Всі причепа та напівпричепа, за винятком одновісних, повинні мати справне стоянкове гальмо, яке забезпечує утримання їх після від'єднання від тягача, а також не менше двох упорних колодок.

Напівпричепа мають бути обладнані й мати справні опорні пристрої для підтримання їх передньої частини у відчепленому стані та забезпечення зручності зчеплення (розчеплення) напівпричепів. Замок сидельно-зчіпного пристрою повинен після зчеплення закриватися автоматично. Розблокування замка сидельно-зчіпного пристрою повинно здійснюватися вручну за допомогою рукоятки. При розчепленні замок повинен залишатися у відкритому положенні.

Автомобілі-самоскиди та причепа-самоскиди повинні мати справні пристрої необхідної міцності, що виключають можливість самочинного опускання піднятого кузова. На бортах автомобіля-самоскида повинен бути нанесений яскравою незмивною фарбою напис: «Піднявши кузов, установи упори», - а для автомобіля-самоскида марки КамАЗ, на якому для фіксації кузова передбачені стопорні пальці, такий: «Піднявши кузов, установи стопорні пальці!» Борти, що відкриваються, повинні мати пристрої, які не допускають самочинного їх відкривання і забезпечують щільне закриття.

Технічний стан і укомплектованість автомобілів для перевезення небезпечних вантажів повинні відповідати вимогам Правил перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом.

Додаткові вимоги до газобалонних автомобілів. Системи та прилади, пов'язані з контролем та зниженням тиску, відбором та перетворенням газового палива, а також з передаванням газу в карбюратор-змішувач, повинні бути у

справному стані. Ущільнювачі органів керування автомобілів, перегородки, що відокремлюють двигун від кабіни вантажного автомобіля, салону автобуса або легкового автомобіля, повинні перешкоджати проникненню газів на робоче місце водія та в салон.

У легкових автомобілів, що працюють на зрідженому нафтовому газі, заправний пристрій, з'єднаний з балоном перехідною трубкою, повинен бути ізольований від багажного відділення гумовим ущільнювачем та ущільнювальними шайбами. У ніші заправного люку має бути установлений дренажний шланг, виведений під автомобіль через отвір у підлозі багажника і призначений для зливання пролитого під час заправки газу. Трубки газопроводу високого тиску повинні бути пофарбовані у червоний колір. Балони для газу, які встановлені на автомобілі, повинні бути міцно закріплені та герметично приєднані до вихідних газопроводів.

Балони для зрідженого нафтового газу місткістю більше 100 л повинні мати паспорт за формою, установленою для посудин, що працюють під тиском. Балони, які встановлені на автомобілі, повинні бути пофарбовані в червоний колір і мати нанесені на них паспортні дані відповідно до вимог Правил будови та експлуатації посудин, що працюють під тиском, та напис білою фарбою «Пропан-бутан» або «Метан» і «Вогненебезпечно».

На кожному автомобілі, що працює на газовому паливі, спереду та ззаду повинен бути нанесений розпізнавальний знак, що являє собою попереджувальний знак зі смисловим значенням «Обережно! Інші небезпеки». Під знаком має бути розташована пояснювальна табличка з написом ГАЗ». Порядкові номери балонів заводу-виробника повинні бути внесені в технічний паспорт автомобіля. Переобладнання автомобілів для роботи на газовому паливі проводиться відповідно до технічної документації заводів-виробників газобалонного обладнання та технічних умов на переобладнання.

Додаткові вимоги до спеціалізованих транспортних засобів. Усі спеціалізовані транспортні засоби повинні відповідати технічній документації на їх виготовлення та експлуатацію. Всі драбини, поручні, перехідні містки та робочі площадки на транспортних засобах повинні утримуватися в справному стані. Опорні поверхні зазначених елементів мають бути рифлені. Робочі

площадки, що знаходяться на висоті більше 0,7 м, повинні бути обладнані справним огороженням (поруччям).

Кожний панелевіз повинен бути укомплектований двома козелками для підставки під раму напівпричепа при вантажно-розвантажувальних роботах. Для закріплення вантажів на панелевозах повинні бути справними лебідка, страхувальні ланцюги з крюками, а також троси з косинцями. Автоцистерни для перевезення легкозаймистих та горючих рідин, а також бітуму повинні мати «дихальні» клапани, що забезпечують герметичність цистерн у заданих межах.

Зливна арматура автоцистерн повинна виключати можливість підтікання рідин під час транспортування. Автоцистерни повинні мати справні пристрої для контролю рівня рідини. Автоцистерни для перевезення рідин та сипучих вантажів повинні мати пристрої для заземлення. Автоцистерни для перевезення сипучих матеріалів з пневматичним розвантаженням повинні бути обладнані справними манометрами, які добре видно з пульта керування. Пульти керування повинні мати освітлення.

На повітроводах автоцистерн, що заповнюються за допомогою вакууму, повинні бути справними запобіжний та зворотний клапани. Кришки завантажувальних люків повинні мати справні швидкодіючі запори, що забезпечують герметичність цистерн.

Автоцистерни, що перебувають під тиском більше 0,7 кг/см², повинні відповідати вимогам Правил будови і експлуатації посудин, що працюють під тиском.

Внутрішні стінки кузовів автомобілів або напівпричепівре-фрижераторів не повинні мати задирок та гострих кромок.

Напівпричепа з кузовом типу «фургон» повинні мати справне освітлення всередині кузова, що забезпечує освітленість не менше 5 лк.

Підйомні механізми, обладнання керування підйманням (опусканням) кузова, бортів тощо на спеціалізованих транспортних засобах повинні бути справними. Рухомі деталі (шестерні, ланцюги, паси тощо) повинні мати справне огороження.

Органи керування повинні виключати можливість їх самочинного включення або виключення. Органи керування, дія на які одночасно або не в установленій черговості може призвести до аварії, повинні взаємно блокуватися.

5.3 Моніторинг надзвичайних ситуацій

Останньою фазою розвитку НС є ліквідації наслідків. За даними роботи «...ліквідація наслідків надзвичайної ситуації потребує витрат у 10 – 15 разів більш, чим здійснення заходів щодо її запобігання (без урахування можливих людських втрат)...». Тобто постійний контроль обстановки дає змогу своєчасно виявити накопичення негативних факторів, які можуть сприяти виникненню й розвитку аварії або катастрофи. Саме тому, девізом ДСНС України є слова: «Запобігти, врятувати, допомогти»

Слід акцентувати, що на першому місці знаходиться тезис саме о необхідності запобігти виникненню НС, оскільки саме профілактична діяльність є запорукою зменшення ризику виникнення НС.

Природно-техногенна ситуація в Україні залишається напруженою, а в ряді її складових і в окремих регіонах країни – загрозливою. В Стратегії національної безпеки України сформульовані основні загрози екологічної безпеки країни, а саме:

надмірний антропогенний вплив й високий рівень техногенного навантаження на територію України;

негативні екологічні наслідки Чорнобильської катастрофи;

значний обсяг відходів виробництва й споживання і неналежний рівень їх вторинного використання, переробки й утилізації;

– незадовільний стан єдиної державної системи та сил цивільного захисту, системи моніторингу довкілля.

Практика останніх років показує, що найбільшу значимість набувають питання моніторингу, прогнозування й запобігання НС. Без урахування даних моніторингу й прогнозування НС неможливо планувати розвиток територій, приймати рішення на будівництво промислових і соціальних об'єктів,

розробляти програми і плани з попередження та ліквідації можливих НС. Прогнозування є ключовим елементом задачі моніторингу, оскільки саме результати прогнозування мають вирішальне значення для обґрунтованого прийняття рішень. В роботі відзначено, що загрози національній безпеці у сфері екологічної та техногенної безпеки зберігаються через високий рівень ризиків для екосистем та здоров'я населення, обумовлений значним забрудненням атмосферного повітря, водних джерел, земельних ресурсів в умовах недосконалої системи управління та недостатнього моніторингу довкілля. В цьому ж документі наведені цифри, які характеризують вкрай тривожну ситуацію з накопиченням відходів різного походження, які фактично є «міною уповільненої дії» здатною ініціювати НС. За даними Міністерства екології та природних ресурсів, щороку в Україні утворюється близько 10 т відходів на людину на відміну країн ЄС, де утворюється близько 5 т. Загалом в Україні вже накопичено близько 36 млрд. т відходів, що становить понад 50 тис. т на 1 км² території держави. До того ж обсяги утворення промислових відходів в Україні значно перевищують кількість побутових. Щорічно загальні обсяги утворення відходів в Україні становлять близько 370 млн. т з незначним спадом в останні роки. Брак дієвого контролю у цій сфері призводить до масового утворення несанкціонованих звалищ й численних порушень законодавства в сфері поводження з небезпечними відходами. За відсутності роздільного збирання практично не вирішується проблема поводження з небезпечними відходами у складі побутових. Місця складування й накопичення промислових та побутових відходів не відповідають вимогам екологічної безпеки і знаходяться в незадовільному стані.

Існує визначення поняття моніторингу. Моніторинг – це постійне спостереження за яким-небудь процесом з метою вивчення його динаміки й порівняння з очікуваними результатами або початковими припущеннями

Кодекс ЦЗ України (стаття 43) визначає моніторинг НС як систему безперервних спостережень, лабораторного та іншого контролю для оцінки стану захисту населення і територій та небезпечних процесів, які можуть призвести до загрози або виникнення надзвичайних ситуацій, а також своєчасне виявлення тенденцій до їх зміни.

Спостереження, лабораторний та інший контроль включають збирання, опрацювання і передавання інформації про стан навколишнього природного середовища, забруднення продуктів харчування, продовольчої сировини, фуражу, води радіоактивними та хімічними речовинами, зараження збудниками інфекційних хвороб та іншими небезпечними біологічними агентами. Для всіх цих робіт в Україні створена та функціонує система моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій. Порядок функціонування системи й проведення моніторингу і прогнозування НС, перелік установ та організацій, які належать до суб'єктів моніторингу, спостереження, лабораторного контролю і прогнозування НС, визначаються Кабінетом Міністрів України. Суб'єкти моніторингу, спостереження, лабораторного контролю та прогнозування НС на регіональному, місцевому й об'єктовому рівні визначаються Радою міністрів Автономної Республіки Крим, відповідними місцевими державними адміністраціями, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання.

Система моніторингу покриває всі сфери навколишнього середовища: природну, техногенну й соціальну. Кожна зі складових має власні особливості.

Система моніторингу і прогнозування НС має три підсистеми: моніторинг природної складової, соціальної складової, техногенної складової.

Постанова КМУ від 30 березня 1998 року № 391 «Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля» визначає, що «...Державна система моніторингу довкілля (система моніторингу) – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково-обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Це Положення визначає порядок створення та функціонування такої системи в Україні...»

В цьому жє НПА визначені державні органи, які здійснюють моніторинг, а саме:

1) моніторинг довкілля здійснюють Мінекономіки, Мінекоенерго, ДАЗВ, Держгеонадрами, Мінрегіоном, ДКА, а також ДСНС,

Держлісагентством, Держводагентством, Держгеокадастром та їх територіальні органи, підприємства, установи та організації, що належать до сфери їх управління, обласні, Київські та Севастопольські міська держадміністрація, а також органи виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища. До їхніх обов'язків входять:

сейсмічні спостереження і прогноз землетрусів у країні здійснюють системою сейсмологічних спостережень і прогнозу землетрусів, до якої входять установи і системи спостереження Національної академії наук, Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС), Міноборони і Мінбуду;

моніторинг і прогноз подій метеорологічного характеру, стану і забруднення атмосфери, води і ґрунту здійснюють установи Держкомгідромету;

загальне керівництво державною системою екологічного моніторингу здійснює Мінекології;

соціально-гігієнічний моніторинг і прогнозування у цій сфері організовує та здійснює Міністерство охорони здоров'я через територіальні органи санітарно-епідеміологічного нагляду;

моніторинг стану техногенних об'єктів і прогноз аварійності здійснюють Державна інспекція з ядерного регулювання, а також наглядові органи у складі центральних органів виконавчої влади, зокрема ДСНС.

2) галузевий моніторинг довкілля здійснюють для:

атмосферного повітря й опадів, визначають вміст забруднюючих речовин (ЗР), у тому числі радіонуклідів, транскордонних перенесень;

джерел промислових викидів у атмосферу, визначають вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів;

поверхневих й морських вод, визначають гідрохімічні та гідробіологічні показники, вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів, та підземних вод, де визначають гідрогеологічні та гідрохімічні показники складу і властивостей, включаючи залишкову кількість пестицидів та агрохімікатів, оцінку ресурсів;

джерел скидів стічних вод, визначають вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів;

водних об'єктів у межах природоохоронних територій, визначають фонову кількість ЗР, включаючи радіонукліди;

питної води, визначають хімічні, бактеріологічні, радіологічні, вірусологічні визначення.

1) об'єктами моніторингу є:

грунти різного призначення, у тому числі на природоохоронних територіях, визначають вміст ЗР, включаючи радіонукліди, вміст агрохімікатів, пестицидів, важких металів, бактеріологічні, вірусологічні визначення, прояви ерозійних й інших екзогенних процесів, просторове забруднення земель об'єктами промислового і сільськогосподарського виробництва;

радіаційний стан на пунктах стаціонарної мережі та об'єктах захоронення радіоактивних відходів, визначають вміст радіонуклідів;

геофізичні поля, визначають фонові й аномальні дослідження;

стихійні й небезпечні природні явища: ендегенні та екзогенні геологічні – процеси, визначають їхні видові і просторові характеристики, активність прояву; повені, паводки, снігові лавини, селі, визначають у районах спостережних станцій; наземні і морські екосистеми, визначають фонову кількість ЗР, включаючи радіонукліди;

звалища промислових і побутових відходів, визначають вміст ЗР, у тому числі радіонуклідів.

Підприємства, установи та організації, незалежно від їх підпорядкування і форм власності, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля, зобов'язані здійснювати екологічний контроль за виробничими процесами та станом промислових зон, збирати, зберігати та безоплатно надавати дані або узагальнену інформацію для її комплексного оброблення. З цією метою між суб'єктами системи моніторингу та постачальником інформації укладається угода, що підлягає реєстрації в Міністерстві охорони навколишнього природного середовища або його органах на місцях.

2) заходи і дії із запобігання НС органами виконавчої влади України і місцевого самоврядування:

визначають найважливіші напрямки у сфері запобігання НС, які потребують розроблення нормативно-правових актів та внесення змін і доповнень до існуючих документів;

організують моніторинг і прогнозування НС, аналіз та управління ризиком НС природного і техногенного характеру, розроблення паспортів безпеки територій, потенційно небезпечних об'єктів (ПНО);

створюють і здійснюють підготовку та утримання в готовності органів управління сил і засобів до дій у НС.

3) територіальний моніторинг НС спрямований на організацію:

розроблення і реалізації комплексу превентивних заходів за всіма напрямками запобігання НС;

підготовки керівного складу органів управління і населення до дій у разі загрози і виникнення НС;

системи оповіщення та інформування населення у НС;

взаємодії органів управління підсистем єдиної системи ЦЗ;

створення резерву фінансових і матеріальних ресурсів для запобігання й ліквідації наслідків НС;

державного нагляду і контролю у сфері ЦЗ.

З метою своєчасного захисту населення і території від НС техногенного та природного характеру, запобігання та реагування на них відповідними центральними та місцевими органами виконавчої влади був розроблений та відповідно до наказу МВС від 27 листопада 2019 року № 986 введений в дію НПА «Методики спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки». Документ встановлює порядок спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки в разі загрози виникнення НС, пов'язаних з викидом радіоактивних й небезпечних хімічних речовин, у мирний час та в особливий період. В Методиці застосовані такі терміни:

диспетчерська служба – підрозділ або особи, що передбачені штатним розписом підприємства, організації або установи (Підприємство), які здійснюють цілодобове чергування

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході проведеного дослідження технологічного процесу діагностування гальмівної системи автомобіля Skoda Octavia було виявлено декілька ключових моментів, які вимагають уваги та вдосконалення.

По-перше, параметри діагностичного стенду є критично важливими для точного і надійного визначення характеристик гальмівної системи. Існуючі стенди можуть не враховувати особливості конкретних моделей автомобілів, таких як Skoda Octavia, що може призвести до неточностей у вимірюваннях.

По-друге, застосування сучасних технологій і програмного забезпечення може значно покращити якість діагностування, зокрема завдяки автоматизації процесу та зменшенню впливу людського фактора.

Також було з'ясовано, що для отримання найбільш точних результатів необхідно враховувати такі параметри, як температура та вологість навколишнього середовища, стан дорожнього покриття та інші зовнішні фактори.

Враховуючи вищезазначене, рекомендується вдосконалити технологічний процес діагностування для автомобіля Skoda Octavia, адаптувавши його до специфіки цієї моделі та забезпечивши максимальну точність результатів. Дослідження параметрів діагностичного стенду дасть можливість оптимізувати його роботу та забезпечити високий рівень безпеки та надійності гальмівної системи автомобілів на дорогах.

Було здійснено ревізію та оцінку методів та інструментів для перевірки гальмівних систем автомобілів, включаючи стендові та дорожні техніки випробувань. Основна увага була приділена різновидам стендів, їх основним характеристикам, перевагам та обмеженням. Додатково розглядалися рекомендації щодо вибору підходящого стенду для конкретного автомобіля, а також порівняльний аналіз ефективності тестів, виконаних за різними методиками.

Проведено аналіз динаміки автомобіля під час його роботи на гальмівному стенді. Особлива увага була приділена взаємодії між різними факторами, такими як характеристики поверхні, вагові параметри

транспортного засобу, стартові умови гальмування, характер приводу, а також ефективність сучасних систем контролю та регулювання рухомості автомобіля під час гальмування. Це дослідження допомогло глибше зрозуміти взаємозв'язки між зазначеними параметрами та їх колективний вплив на ефективність гальмівної системи.

Здійснено зіставлення даних теоретичних моделей з експериментальними даними, отриманими під час гальмування автомобіля на спеціалізованому стенді. На основі цього аналізу створено графічні моделі, що ілюструють ці взаємозв'язки. Отримані результати дозволили краще зрозуміти точність та адекватність розрахункових методів у порівнянні з реальними умовами експлуатації автомобіля.

Вироблено пропозиції щодо модернізації обладнання для діагностики автомобілів, включаючи гальмівні стенди. Враховуючи характеристики різних моделей автомобілів - таких як система гальмівного приводу, наявність ABS та інші фактори - розроблено нові методики діагностики гальмівної системи. Також представлено деталізовані інструкції та критерії для ефективного проведення випробувань, щоб забезпечити найбільш точний та надійний аналіз стану гальмівної системи автомобіля.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних: монографія /А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, В. А. Кашканов. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 148 с.
2. Технічний контроль стану дорожніх машин / Малишев В., Кущевська Н., Петренко Т, Докуніхін В. - Університет "Україна", 2022. 252 с
3. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
4. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
5. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
6. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
7. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
8. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
9. Гевко І.Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.
10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л.,

Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

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

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

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

15. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник – К.: Знання. 2004. – 478 с.

16. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. Технологія [Текст]: Підручник. / О.А. Лудченко. - Київ: Знання-Прес, 2007. - 527с.

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

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

19. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

20. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навчальний посібник / Ю. А. Гасило, О. А. Крюковська. К. О. Левчук, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2017. — 369 с.

21. Безпека в надзвичайних ситуаціях : навч. посібник для студентів ЗВО України : у 2 ч. Ч. 1: Надзвичайні ситуації / М. Л. Лисиченко, В. В. Вамболь, С. О. Вамболь, М. М. Кірієнко, І. А. Черепньов, В. М. Власовець ; за ред. М. Л. Лисиченка ; ХНТУСГ. – Харків : ТОВ “ПромАрт”, 2021. – 202 с.
22. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник / Пістун І. П., Хом’як Й. В., Хом’як В. В. - 2-ге вид., стер. - Суми : Університетська книга, 2015. - 374 с.
23. The Car Book: The Definite Visual Guide [Dorling Kindersley](#) 2022 рік,- 368 pages.
24. Per Enge (Author), Nick Enge (Author), Stephen Zoepf Electric Vehicle Engineering 1st Edition, Kindle Editio McGraw Hill; 1st edition (January 24, 2021) - 209 pages.
25. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom (2023) Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, 118, pp. 161-172. (Scopus).
26. Aulina, V., Kropivnya, V., Kuzyka, O., Lyashuk, O., Bosyia, M., Vovk, Y., Kropivnaa, A., Sokol, M., Senyk, A., Slobodyan, L. The Influence of Titanium as a Desferoidizing Element on the Stability of Production of Magnesium Cast Irons with Compacted Graphite (2021) Tribology in Industry - Kragujevac : University of Kragujevac, 4 (43), pp. 654-666. (Scopus).
27. Tom Denton Electric and Hybrid Vehicles 2nd Edition, Kindle Edition Routledge; 2nd edition (June 29, 2020)- 222 pages.
28. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
29. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.