

Кваліфікаційна робота: 67 с. текст. част., 16 рис, 4 табл., 20 літ. джерела. «Дослідження гальмівної системи легкового автомобіля» Іванюк І.М. – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів і тракторів. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Розглянута модель деформаційного проковзування колеса з пружною шиною по твердому дорожньому покриттю. Виявлено, що в процесі деформаційного проковзування, за рахунок розтягування матеріалу шини, при наявності проковзування колеса відсутні сліди його блокування при гальмуванні.

Розглянуто моделювання процесу зміни проковзування колеса при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС. Теоретичний аналіз даного процесу дозволяє оцінити стійкість і керованість колеса в кожній фазі екстремого гальмування автомобіля.

Розглянута методика оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, в дорожніх умовах. Наведено нормативні параметри, за якими проводиться оцінка працездатності гальмівної системи. Прописані умови проведення випробувань і спроектована схема майданчика дорожніх випробувань.

Наведені результати випробування автомобіля Daewoo Lanos та Mercedes-Benz 212D. За результатами обробки даних можна зробити висновок, що АБС справна, а розроблений комплекс дозволяє оцінити працездатність гальмівної системи та відповідає європейським нормам по величині гальмівного шляху та сповільненню у процесі гальмування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	8
1.1. Особливості конструкції гальмівних систем легкових автомобілів, обладнаних АБС	8
1.2. Різновиди систем ABS.....	12
1.3. Вимоги, що пред'являються до робочої гальмівної системи легкових автомобілів обладнаних АБС.....	15
1.4. Вимоги ЄЕК ООН до випробувань і характеристикам робочої гальмівної системи легкових автомобілів	17
Висновок за розділом.....	18
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	19
2.1. Автоколивання і вимушені коливання в процесі гальмування автомобіля	19
2.2. Фізичні основи процесу гальмування автомобіля.....	22
2.3. Основи математичного моделювання руху колеса по дорожньому покриттю.....	24
2.4. Кінематична модель обертання колеса з жорсткою шиною.....	25
2.5. Модель деформаційного проковзування колеса з пружною шиною по твердому дорожньому покриттю.....	27
2.6. Процес зміни проковзування колеса при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС.....	31
Висновки до розділу.....	36
РОЗДІЛ 3	
МЕТОДИКИ І ЗАСОБИ ОЦІНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ	37
3.1. Методика оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, в дорожніх умовах	37
3.2. Визначення геометричних розмірів випробувального майданчика	41
3.3. Визначення похибки засобів вимірювань.....	42
Висновки до розділу.....	45
РОЗДІЛ 4	
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	46
4.1. Результати експериментальних досліджень процесу гальмування легкових автомобілів	46
РОЗДІЛ 5	
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
5.1. Загальні положення	55
5.2. Вимоги безпеки перед технічним обслуговуванням і ремонтом гальмівної системи	56
5.3. Вимоги безпеки під час ремонту чи діагностування гальмівної системи	57
5.4. Організація робочого місця і техніка безпеки.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

ВСТУП

Актуальність дослідження. Забезпечення безпеки дорожнього руху є однією з найважливіших проблем експлуатації автомобільного транспорту. Щороку на дорогах України гинуть десятки тисяч людей, сотні тисяч отримують ушкодження і каліцтва, країна несе багатомільярдні економічні втрати. Згідно зі статистичними даними за 2019 рік відбулося 160 675 ДТП, в яких загинуло 3454 людини і 32736-травмовані.

Близько 10-15% ДТП в Україні відбувається через експлуатацію технічно несправних транспортних засобів, з яких близько 50% складають автомобілі з несправною гальмівною системою. Причому аварії через відмову гальмівної системи мають найбільш важкі наслідки.

За даними Європейської комісії міністрів транспорту частка ДТП через технічні несправності АТС у загальній їх кількості становить: в Німеччині 13-21%; в США 17-27%; у Франції 21-22%; в Угорщині 19-21%.

Одним із шляхів вирішення завдання щодо зниження аварійності дорожнього руху є підвищення активної безпеки транспортних засобів в експлуатації. Активна безпека сучасного колісного транспортного засобу в період гальмування досягається за допомогою автоматизованих систем управління параметрами його руху. Оснащення автомобілів антиблокувальною гальмівною системою дозволяє поліпшити показники гальмування при русі автомобіля.

Якщо з якої-небудь причини АБС втрачає працездатність, а це не рідкість зважаючи на складність системи і умов експлуатації, в екстремній ситуації транспортний засіб втрачає стійкість, тим самим посилюючи тяжкість наслідків. Тому необхідно систематично контролювати технічний стан гальмівної системи, обладнаної АБС, з використанням сучасних засобів діагностики і при виявленні будь-яких несправностей проводити відповідні технічні впливи.

Однак, на даний момент, не розроблені методика і засоби оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів з АБС в експлуатації.

Метою магістерської роботи є розробка методики і засобів оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, для підвищення їх активної безпеки в експлуатації.

Для досягнення поставленої мети в магістерській роботі слід вирішити ряд наступних завдань:

1. Розробити модель процесу гальмування колеса автомобіля, обладнаного АБС.
2. Дослідити процес проковзування колеса при екстремому гальмуванні автомобіля.
3. Створити методику оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, в дорожніх умовах.

Об'єктом дослідження є робоча гальмівна система транспортних засобів.

Предметом дослідження є процес екстремого гальмування автомобілів, обладнаних АБС, в дорожніх умовах.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Особливості конструкції гальмівних систем легкових автомобілів, обладнаних АБС

До легкових автомобілів відносяться транспортні засоби, які мають не менше чотирьох коліс і використовуються для перевезення не більше 8 пасажирів.

Гальмівна система - це сукупність елементів транспортного засобу, призначених для його гальмування при впливі на орган керування гальмовою системою [7].

Антиблокувальна гальмівна система (АБС) - це гальмівна система транспортного засобу з автоматичним регулюванням в процесі гальмування ступеня проковзування коліс транспортного засобу в напрямку їх обертання.

Практично всі автомобілі обладнані системами АБС з гідравлічним гальмівним приводом. Причиною використання гідравлічного гальмівного приводу на легкових автомобілях є їх простота і швидкодія [9].

Особливістю автомобілів з гідроприводом є те, що ці гальмівні системи спрацьовують набагато швидше, ніж пневматичні, тому що рідина в порівнянні з повітрям практично не стискається. Однією з особливостей АБС з гідроприводом є неприпустимість їх розгерметизації. Це створює ряд труднощів при зовнішньому контролі працездатності АБС, тому що практично всі легкові автомобілі при виготовленні не комплектувалися датчиками тиску в гідропроводі, тобто АБС представляє собою «чорний ящик», відомості про який можна отримати лише по вихідних параметрах. Тим більше алгоритми роботи АБС кожної фірми є її секретом.

АБС представляють собою системи, оснащені пристроями керування зі зворотним зв'язком, які запобігають блокуванню коліс під час гальмування і зберігають керуваність і курсову стійкість автомобіля.

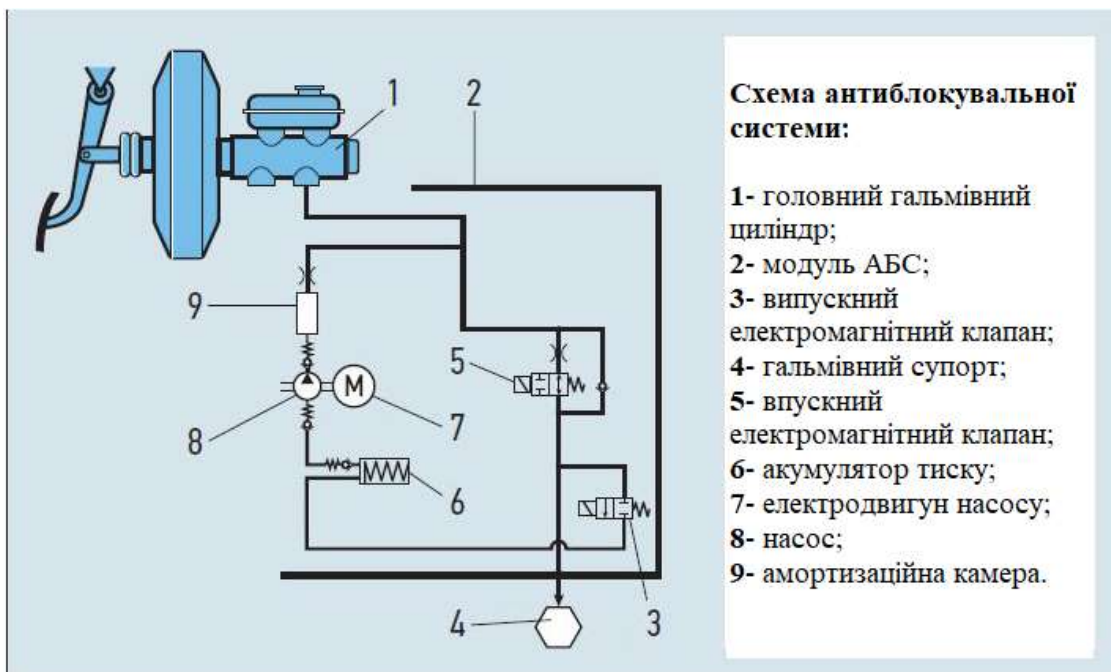


Рисунок 1.1 – Схема ABS

До складу антиблокувальної гальмівної системи (рис. 1.1), входять датчики частоти обертання коліс. Датчики працюють на основі ефекту Холла. Існують пасивні датчики і активні. Встановлені на ступиці кожного колеса. Вони визначають швидкість обертання коліс і передають сигнал в блок управління ABS. Блок керування. Основна функція електронного блоку управління (ЕБУ), або як ще називають –«комп'ютер ABS» - забезпечити роботу гальмівної системи в найбільш ефективному і стабільному діапазоні, при якому гальмівна сила буде максимальна, а колеса автомобіля не будуть заблоковані. Для цього блок управління проводить безперервні обчислення зміни швидкості обертання коліс (уповільнення). На підставі даних показників формуються керуючі сигнали для виконавчих пристроїв: насоса і електромагнітних клапанів гідравлічного блоку.

Гідравлічний блок. Цей компонент ABS є виконавчим пристроєм. Гідравлічний блок включає в себе електромагнітні клапани (впускні та випускні), гідроакумулятори, кулачковий насос з електричним двигуном, демпферуючі камери.

Гідромодулятор - це елемент ABS, призначений для зміни гальмівних зусиль в залежності від сигналу, отриманого від електронного блоку управління.

За вибором конструктора можуть використовуватися пасивні (рис.1.2) та активні (рис. 1.3) датчики. Пасивні легко впізнати по зубчатому колесу на приводі колеса. Його конструкція проста, та зрозуміла. Але існує один мінус : при малих частотах обертання колеса , сигнал може бути не точним.

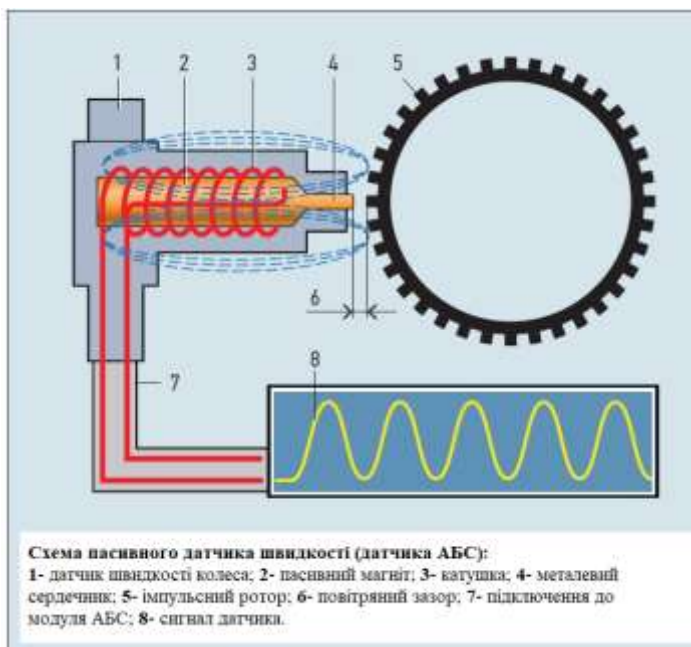


Рисунок 1.2 – Схема пасивного датчика АБС

Активний датчик зчитує мітки магнітного кільця на ступиці колеса. Для нього характерний чіткий цифровий сигнал на виході, величина котрих не залежить від швидкості обертання колеса. Мінус такого датчика- він дорожче, ніж пасивний.

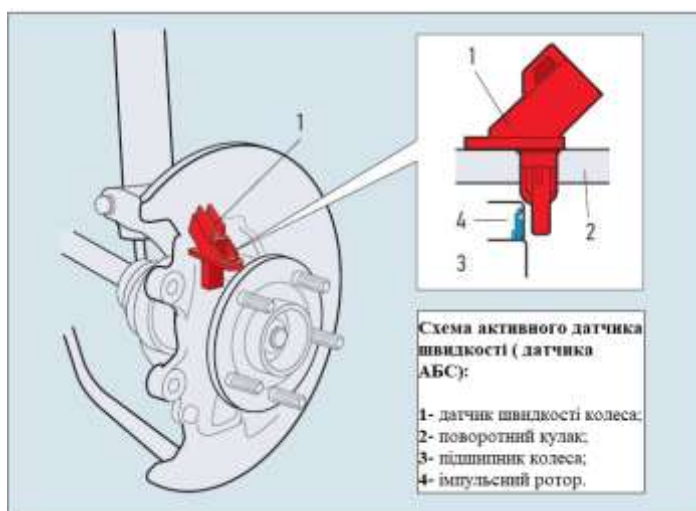


Рисунок 1.3 – Схема активного датчика АБС

При первинному гальмуванні тиск в магістралі зростає, величина ковзання колеса в зоні контакту з дорогою збільшується і досягається межа стій-

кого і нестабільного діапазонів кочення коліс. Починаючи з цього моменту, будь-яке подальше збільшення тиску в магістралі або гальмівного моменту не викликає будь-якого підвищення величини гальмівної сили. У стійкому діапазоні ковзання колеса є скоріше деформаційним ковзанням, воно має зростаючу тенденцію в нестабільному діапазоні.

Якщо в русі одне з коліс проявляє ознаки блокування, то різко зростають уповільнення обертання колеса і його ковзання. Якщо вони перевищують критичні значення, то блок управління посилає сигнали до соленоїдного розподільного клапану для припинення зростання або зменшення тиску в гальмівному механізмі до запобігання небезпеки блокування. Потім тиск повинен бути відновлено для запобігання недогальмовування колеса. Під час автоматичного управління гальмуванням необхідно постійно визначати діапазони стійкого і нестабільного кочення коліс і модулювати гальмівний тиск, створюючи максимальне гальмівне зусилля[15]. Взаємозв'язок елементів АБС відображена на рис. 1.4

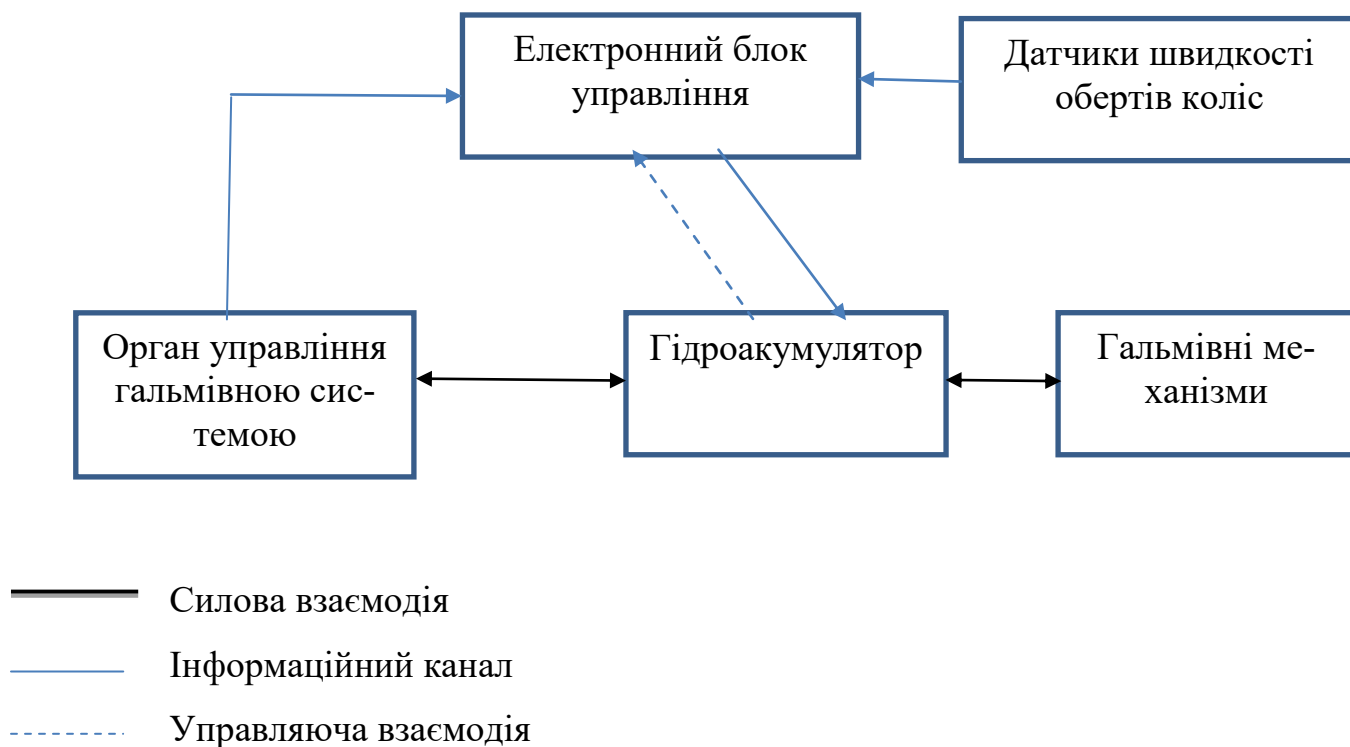


Рисунок 1.4 – Схема взаємозв'язку елементів гальмівної системи з АБС

1.2 Різновиди систем ABS

Найбільш поширеними є чотирьохканальні системи ABS з чотирма датчиками швидкості обертання колеса, які мають схему із з'єднанням по осях і схему з діагональним з'єднанням (рис. 1.5). Коли здійснюється гальмування на дорожньому покритті з різними коефіцієнтами зчеплення зліва і справа («мікст»), то необхідно вживати заходів для запобігання виникненню розворотного моменту, який може справити негативний вплив на курсову стійкість автомобіля.

Рішенням в даному випадку може стати окреме управління коліс переднього моста, а також управління коліс заднього моста відповідно до принципу «низькопорогового» регулювання (заднє колесо з найменшим значенням коефіцієнта зчеплення визначає тиск, який подається до обох задніх гальмівних механізмів).

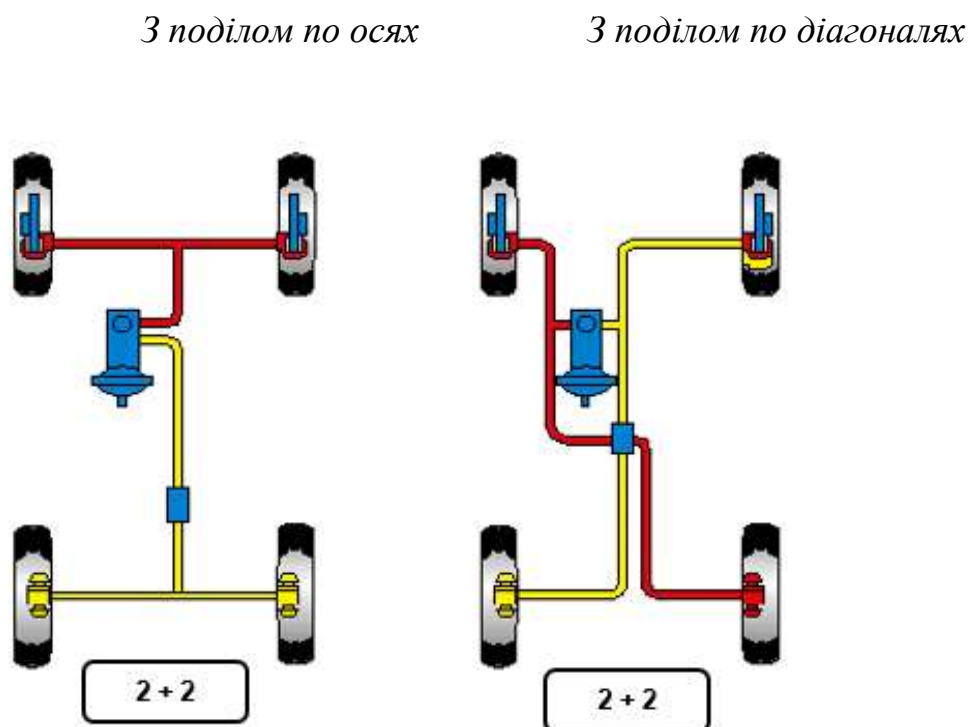


Рисунок 1.5 – Варіанти чотирьохканальних систем ABS з чотирма датчиками швидкості обертання колеса

Для даних схем на кожне колесо доводиться пара електромагнітних клапанів, клапан набору тиску, призначений для підвищення тиску, і клапан скидання тиску. Клапан скидання тиску встановлюють паралельно з клапа-

ном набору тиску, для швидкого зменшення тиску в гальмівній магістралі. Для кожної фази підвищення або зниження тиску є свій електромагнітний клапан, який має лише одне активне положення. Це забезпечує компактність клапанів при наявності тільки двох гідравлічних сполучних елементів, менший обсяг, зменшена вага та низькі магнітні сили управління.

В даний час на легкових автомобілях застосовують досить велику кількість різноманітних варіантів систем антиблокування гальм (АБС). Загальним для всіх АБС є те, що вони доповнюють робочі функції гідравлічної гальмівної системи (ГГС) автомобіля принципово новою якістю – здатністю інтенсивного гальмування без блокування коліс. Для досягнення цієї цілі будь-яка система ABS крім основних компонентів ГГС включає до свого складу здавачі (КД) частоти обертання коліс, електронний блок керування гідрогальмами (ЕБК-Г) автомобіля та центральний виконавчий механізм (ЦВМ), який роздільно керує колісними гальмівними циліндрами (КГЦ), а сам керується електричними сигналами ЕБК-Г.

Різновиди систем АБС можна класифікувати на чотири типи по чотирьох різних ознаках, які відрізняють їх одну від одної:

- а – конструктивні особливості системи;
- б – функціональні можливості системи;
- в – компонентний склад;
- г – експлуатаційні якості (переваги та недоліки).

1. Якщо система АБС виконана із застосуванням шарикових клапанів (ШК), які керуються поршневыми штовхачами, а останні в свою чергу приводяться в дію червячними передачами (ШЧМ) від електродвигуна ЕД, то така система працює без гідронасоса з використанням тиску від головного гальмівного циліндра (ГГЦ) і класифікується як вентильна АБС (ABS-V) або як ABS першого типу (ABS-T1).

2. Якщо система ABS реалізована із застосуванням шарикових клапанів, які керуються від гідропідсилювача керма (ГПК) з допомогою поршневих штовхачів, а перемикання режимів гальмування – за допомогою

двопозиційного електрогідроклапана (ДЕГК), то система може відноситися в окремий (другий) тип (ABS-T2). До складу ЦВМ такої системи додатково входять три гідравлічних клапани: запобіжний (ЗК), перепускний (ППК), перемикаючий (ПМК).

3. Якщо в системі АБС тиск в колісних гальмівних циліндрах керується за допомогою дво- або трипозиційними гідроклапанами (ТПЕК), які в свою чергу керуються електричними сигналами від ЕБК-Т, і в системі є електрогідронасос низького тиску (ГННТ), то така система називається електроклапанною (ABS-К) та відноситься до третього типу (ABS-T3). Система доповнюється регулятором-розподільовачем тиску (РРТ) та редукційним клапаном (РК).

4. Якщо система АБС містить у своєму складі гідроакумулятор високого тиску – ГАВТ (120...180 бар) з герметичним пневморесивером – ПРВД (азот, гелій), то ця система містить гідронасос високого тиску (ГНВТ) з автоматичним гідровимикачем насоса (ГВН) і класифікується як АБС з гідроакумулятором (ABS-Г), або як АБС четвертого типу (ABS-T4). Тиск у КГЦ регулюється чотирма клапанно-поршневими регуляторами (КПР), які в свою чергу керуються трипозиційними електрогідроклапанами, кожен з яких утворений з двох двопозиційних клапанів. Системи АБС-T4 більше ефективні в роботі, мають велику швидкодію і можуть застосовуватися разом з електронними системами EDS, EBV, ASR.

5. Система називається триканальною, якщо за допомогою АБС регулюються два передні колеса, а два задніх по одному спільному гідроканалу регулювання.

6. Якщо регулюванню піддаються тільки два задні колеса, але по одному спільному гідро каналу, то система називається одноканальною. Така система виконує функцію регулятора гальм заднього моста і встановлювалася на японському автомобілі “ТОУОТА” ще в 1971р. Це перше застосування системи АБС на серійному автомобілі.

7. Якщо за допомогою ABS регулюються кожне із чотирьох коліс окремо, то система називається чотиріканальною. Застосовується і в більшості сучасних автомобілях високого класу.

8. Якщо ABS використовується на повноприводному автомобілі, то в системі встановлюється спеціальний інерційний давач, а система називається ABS з давачем (ДС) сповільнення (може бути одно-, дво-, три- або чотиріканальний).

9. Якщо тиск в керованому з допомогою ABS колісному циліндрі може утримуватися для трьох випадків гальмування (гальмування з підвищеним тиском, гальмування зі сталим тиском, гальмування з пониженим тиском), то система ABS є трипозиційною. Специфічний компонент трипозиційної ABS – трипозиційний гідроклапан з електромагнітним керуванням від ЕБК-Т.

10. Якщо тиск в колісному циліндрі може утримуватися лише для двох випадків гальмування (з підвищеним та пониженим тиском), то система – двопозиційна. Реалізується така система із застосуванням двопозиційних гідроклапанів.

1.3 Вимоги, що пред'являються до робочої гальмівної системи легкових автомобілів обладнаних ABS

Вимоги до антиблокувальної гальмівної системи [2]: повинні бути відсутні видимі пошкодження, ненадійне кріплення, від'єднання елементів ABS, з метою моніторингу робочого стану ABS встановлюється сигнальна лампа. Сигнальна лампа повинна: перебувати в робочому стані, бути надійно закріплена, бути видимою при денному освітленні і в темний час доби з робочого місця водія, мати відповідне зрозуміле маркування у вигляді напису або піктограми, включатися при активації ABS після включення запалення і відключатися не пізніше ніж коли швидкість транспортного засобу досягне 10 км / год.

Транспортні засоби, обладнані АБС, при гальмуваннях в спорядженому стані (з урахуванням маси водія) з початковою швидкістю не менше 40 км / год повинні рухатися в межах коридору руху прямолінійно, без занесення, а їх колеса не повинні залишати слідів блокування коліс на дорожньому покритті до моменту відключення АБС при досягненні швидкості руху, відповідного порогу відключення АБС (не більше 15 км/год). Функціонування сигналізаторів АБС має відповідати її справному стану.

Робочу гальмівну систему перевіряють за показниками ефективності гальмування і стійкості транспортного засобу при гальмуванні. Початкова швидкість гальмування при перевірках в дорожніх умовах - 40 км/ч. Маса транспортного засобу під час перевірок не повинна перевищувати дозволеної повної маси.

З написаного вище видно, що оцінити технічний стан автомобіля, оснащеного АБС, можна тільки в дорожніх умовах, тому надалі мова піде про дорожні випробування.

Таблиця 1.1 – Використання показників ефективності гальмування і стійкості транспортного засобу при гальмуванні під час перевірок на ролик-вих стендах

Найменування	Робоча гальмівна система			
	Без АБС, або з АБС, з порогом відключення вище швидкості стенду		З АБС з порогом відключення нижче швидкості стенду	
	Ефективність гальмування	Стійкість транспортного засобу при гальмуванні	Ефективність гальмування	Стійкість транспортного засобу при гальмуванні
Питома гальмівна сила	+	-	-	-
Відносна різниця гальмівних сил коліс осі	-	+	-	-
Блокування коліс транспортного засобу на ролик-ках або автоматичне відключення стенду внаслідок проковзування коліс по ролик-кам	+	-	-	-

У дорожніх умовах при гальмуванні робочою гальмівною системою з початковою швидкістю гальмування 40 км / год транспортний засіб не повинен жодної своєї частиною виходити з нормативного коридору руху шириною три метри. Ефективність гальмівної системи легкових автомобілів оцінюється або за значенням уповільнення (не менше 5,2 м / с при часу спрацювання системи не більше 0,6с), або з гальмівного шляху (не більше 15,8м). При цьому зусилля на орган управління не повинне перевищувати 490Н.

1.4 Вимоги ЄЕК ООН до випробувань і характеристикам робочої гальмівної системи легкових автомобілів

Ефективність, запропонована для гальмівних систем, ґрунтується на довжині гальмівного шляху і середньому значенні граничного уповільнення. Ефективність гальмівної системи повинна визначатися шляхом вимірювання гальмівного шляху з урахуванням початкової швидкості транспортного засобу або шляхом вимірювання середнього значення уповільнення в ході випробування.

Таблиця 1.2 – Умови проведення випробувань робочої гальмової системи:

Показник	f	6,5 - 50 даН
Випробування типу 0 з від'єднаним двигуном	V	100 км/ч
	s<	$0,1 v + 0,0060 v^2$ (м)
	dm>	6,43 м/с ²
Випробування типу 0 з під'єднаним двигуном	V	80% у _{тах} < 160 км/ч
	s<	$0,1 v + 0,0067 v^2$ (м)
	dm>	5,76 м/с ²

де: v – запропонована швидкість при випробуванні в км/год; s - гальмівний шлях в метрах; d_m - середнє значення граничного уповільнення в м / с²; f - зусилля, що додається до ножному органу управління, Н; V_{max} - максимальна швидкість транспортного засобу в км/год.

Дорога повинна мати поверхню, що забезпечує хороші умови зчеплення. Транспортний засіб випробовується навантаженим, причому розподіл йо-

го маси між осями повинно відповідати розподілу, вказаною виробником. У тому випадку, коли передбачається кілька варіантів розподілу навантаження між осями, розподіл максимальної маси між осями повинно бути таким, щоб навантаження на кожен вісь була пропорційна максимально допустимій масі для кожної осі.

Висновки до розділу

Аналіз конструкцій гальмівних систем показав, що практично всі легкові автомобілі оснащені гідравлічними гальмівними системами з АБС. Причиною використання гідравлічних гальмівних систем на автомобілях цієї категорії є їх простота і швидкодія.

Існує проблема оцінки працездатності гальмівної системи, оснащеної АБС, оскільки відсутні методика і засоби об'єктивного визначення нормативних діагностичних параметрів.

У зв'язку з великою складністю діагностування, гідравлічні АБС контролюються лише при сертифікації, а контроль АБС в умовах експлуатації, як правило, не проводиться, хоча нормативні документи вимагають контролювати цілий ряд параметрів гальмівних систем, обладнаних АБС.

На даний момент неможливо провести об'єктивну зовнішню оцінку працездатності АБС, без проведення дорожніх випробувань.

Розробка методики і засобів оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, що відповідає вимогам нормативних документів, є проблемою сьогодення.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Автоколювання і вимушені колювання в процесі гальмування автомобіля

При русі автомобіля можуть виникати як поперечні, так і поздовжні автоколювання колеса, що залежать від пружності шини. Автоколювання виникають при постійному джерелі енергії, наприклад автоколювання, які виникають в системі колодка-барабан при гальмуванні автомобіля. Це високочастотні колювання, які, як правило, супроводжуються «свистом» гальм. Суттєвим є те, що автоколювання можуть виникати і в системах, робота яких при нормальних умовах відбувається без автоколювань. Так в передній підвісці автомобіля можуть виникати поперечні автоколювання - «шиммі» (англ. Shimmy). Шиммі виникає у автомобіля на високих швидкостях при зносі передньої підвіски або низькому тиску повітря в шинах. У вантажних автомобілів підвищеної прохідності, що мають систему управління тиском в шинах, для підвищення прохідності, знижують тиск в них. Однак, при виїзді на дорогу з твердим покриттям слід негайно підняти тиск до нормативного, так як в іншому випадку, при появі «шиммі», автомобіль втрачає стійкість і керованість. Автоколювання, описані вище, є шкідливими і їх намагаються конструктивно усунути.

Автоколювання є незатухаючими колюваннями в нелінійній динамічній системі, амплітуда і частота яких протягом тривалого проміжку часу можуть залишатися постійними, які не залежать у широких межах від початкових умов і визначаються властивостями самої системи. Термін «автоколювання» був запропонований А.А. Андроновим[4,5].

У всякій автоколювальній системі існує джерело енергії, за рахунок якого підтримуються автоколювання. Щоб колювання були незатухаючими, поступаюча в систему енергія повинна компенсувати втрати енергії в самій системі.

При перевищенні надходження енергії над втратами за період, амплітуда коливань зростає, а при дуже малих амплітудах виникає явище самозбудження коливань. У разі рівного розподілу поступаючої в систему енергії і енергії втрат, коливання стають стаціонарними.

В автоколивальних системах можна виділити три основні елементи:

- 1) коливальну систему;
- 2) джерело енергії;
- 3) пристрій, що регулює надходження енергії в систему.

Автоколивання - незгасаючі коливання, які можуть існувати в коливальній системі за відсутності змінного зовнішнього впливу, причому амплітуда і період коливань визначаються властивостями самої системи. Цим автоколивання відрізняються від вимушених коливань, амплітуда і період яких визначаються характером зовнішнього впливу.

Автоколивання виникають в кінцевій фазі екстреного гальмування автомобіля з працездатною АБС, або протягом усього гальмування, в разі, якщо вона непрацездатна. У режимі автоколивань матеріалу шини, колесо стійке тільки в моменти, коли відбувається розтягнення матеріалу, в решту часу колесо не стійке. Тому, для мінімізації руху в режимі автоколивань була розроблена антиблокувальна гальмівна система. АБС дозволяє зберігати стійкість і керованість колеса в основній фазі гальмування, а матеріал шини працює в режимі вимушених коливань.

При автоколиваннях: коливальною системою є матеріал шини, джерелом енергії - кінетична енергія автомобіля, а регулюючим впливом - зусилля на органі керування гальмовою системою.

Вимушені коливання - це коливання, що виникають в коливальній системі під дією змінної зовнішньої сили.

Вимушені коливання виникають від зовнішньої періодичної сили, яка завжди спрямована в бік руху. Їх диференціальне рівняння:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2x = f_0 \cos \omega t, \quad (2.1)$$

де x – відхилення від положення рівноваги; \dot{x} – швидкість відхилення; \ddot{x} – прискорення відхилення; β – коефіцієнт згасання; ω_0 – власна частота коливної системи; ω – частота вимушеної сили; f_0 – початкова значення вимушеної сили; t – час.

У режимі вимушених коливань залишаються незмінними коливальна система і джерело енергії, а пристроєм, що регулює надходження енергії в систему, є антиблокувальна гальмівна система. Причому, якщо частота коливної системи вище частоти роботи АБС, тоді досягнення максимальної стійкості і керованості неможливо.

Частота коливної системи змінюється в залежності від швидкості транспортного засобу і дорожніх умов (асфальтобетонне покриття, сирій асфальт, сніг, лід та ін.), Тому в процесі гальмування частота роботи АБС теж повинна змінюватися. У цьому виражається адаптивність роботи антиблокувальної гальмівної системи до зміни швидкості АТЗ і дорожніх умов.

Автоколивання виникають під дією постійної сили, також спрямованої в бік руху. Однак в цьому випадку частота коливань залежить від властивостей самої системи. Їх диференціальне рівняння має вигляд:

$$\ddot{x} + 2h\dot{x} + k^2x = F \operatorname{sign} x, \quad (2.2)$$

де h , F , k – постійні коефіцієнти; k – постійний коефіцієнт, величина якого визначається властивостями «лінійних» елементів системи (тобто параметрами не залежними від її стану); $F \operatorname{sign} x$ – нелінійна функція, вигляд якої визначається властивостями нелінійних елементів системи.

Зазвичай при значеннях амплітуди коливань, менших за стаціонарну, надходження енергії в систему перевищує втрати в ній, внаслідок чого амплітуда коливань зростає і досягає стаціонарного значення.

Якщо система має яскраво виражений гістерезис, то для підтримки автоколивань в такій системі, за період повинна надходити достатня енергія, в порівнянні з енергією системи. Якщо за період розсіюється вся накопичена в системі енергія, то такі коливання сильно відрізняються за формою від синусоїдальних, тобто система стає аперіодичною, а коливання називаються рела-

ксаційними. У різних частинах шини утворюються як гармонійні, так і релаксаційні коливання гуми.

Зазначена важлива обставина - можливість встановлення балансу енергії лише при певних значеннях амплітуди автоколивань - зумовлено наявністю в системі так званого нелінійного елемента, властивості якого залежать від стану системи. Ці, властивості нелінійного елемента призводять до того, що втрати в системі і енергія, що надходить з джерела, по-різному залежать від амплітуди коливань і виявляються рівними тільки при певних значеннях амплітуди, в найпростішому випадку - при одному певному її значенні. Нелінійним елементом в нашому випадку є шина.

2.2 Фізичні основи процесу гальмування автомобіля

Процес повернення до стану рівноваги макроскопічної системи, виведеної з цього стану, називається релаксацією.

Релаксація - незворотний процес і тому, виходячи з другого закону термодинаміки, обов'язково супроводжується переходом частини енергії системи в тепло. Встановлення рівноваги зазвичай відбувається в два етапи. На першому етапі рівновага встановлюється лише в малих частинах системи і визначається молекулярними процесами. На другому етапі релаксація визначається макроскопічними характеристиками.

У будь-якому випадку, процес релаксації відбувається за законом:

$$y = y_0 \exp(-t/\tau) \quad (2.3)$$

де y_0 – початкове значення параметра y

У нашому випадку, відбувається релаксація матеріалу шини, що виходить із зони контакту. Таким чином, релаксація в нашому випадку описується затухаючими механічними коливаннями. Рівняння затухаючих коливань має вигляд[10]:

$$\begin{aligned} \ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x &= 0 \\ 2\beta &= r/m \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\omega_0^2 = k/m$$

де: \ddot{x} – уповільнення матеріалу шини; β – загасання; \dot{x} – швидкість шини; ω_0 – частота коливань; r – коефіцієнт опору; k – жорсткість шини; m – маса.

При не дуже сильному згасанні у відповідності з формулами 2,4 їх амплітуда падає по експоненціальному закону.

Частота згасаючих коливань визначається формулою:

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (2.5)$$

Шина має складну шарувату структуру, що складається з шарів з різним коефіцієнтом релаксації. Теоретичний розрахунок коефіцієнтів релаксації в цьому випадку неможливий, і експериментально може визначатися лише по нагріванню шини. Виділення тепла при коливаннях шини пов'язано з гістерезисом.

Гістерезис – один із проявів внутрішнього тертя в твердих тілах, що полягає у відставанні в часі деформації пружного тіла від напруження.

При циклічному повторенні навантаження і розвантаження тіла, діаграма, що зображає напругу в функції від деформації, дає петлю гістерезису, площа якої пропорційна частці енергії пружності, що перейшла в тепло.

Гістерезис при гальмуванні складається з гістерезису матеріалу шини, гальмівного механізму і гістерезису робочого тіла (гальмівної рідини). Величина гістерезису гальмівного механізму характеризується площею між лініями наростання і зниження гальмівного моменту при кожному процесі гальмування. Причому, збільшення гістерезису в експлуатації відбувається, як правило, за рахунок більш пізнього розгальмування гальмівних механізмів. Викликаного їх «залипанням», або в результаті ослаблення стягуючої пружини гальма, на фазі розгальмування колеса при зниженні тиску робочого тіла[22].

Гістерезис гальмівної системи збільшує час спрацьовування, при тому, що в регламенті визначено час спрацьовування гальмівної системи, при використанні в якості параметра ефективності гальмування, встановленого сповільнення.

Необхідно відзначити, що релаксація є процесом, без якого циклічність роботи шини в режимі деформаційного проковзування неможлива.

2.3 Основи математичного моделювання руху колеса по дорожньому покриттю

Математична модель – наближений опис якого-небудь явища за допомогою математичної символіки. Математичне моделювання - потужний метод прогнозування. Процес математичного моделювання, тобто вивчення явища за допомогою математичної моделі, можна розділити на чотири етапи.

Перший етап - формування законів, зв'язуючих основні об'єкти моделі. Ця стадія завершується записом в математичних термінах уявлень про зв'язки між об'єктами моделі.

Другий етап - містить основне питання - рішення прямої задачі, тобто отримання, в результаті аналізу моделі, теоретичних наслідків для їх зіставлення з результатами спостережень.

Третій етап - з'ясування того, чи задовольняє прийнята гіпотетична модель критерію практики. Третій етап є головним у вирішенні питання про адекватність використання математичного апарату в описі реального завдання, щоб вихідна інформація була зіставленою в межах точності з результатами спостережень досліджуваних явищ (зворотна задача).

Якщо математична модель така, що ні при якому виборі характеристик цим умовам не можна задовольнити, то модель не придатна для дослідження даних явищ. Застосування критерію практики до оцінки математичної моделі дозволяє робити висновок про правильність гіпотетичної моделі.

Четвертий етап - подальший аналіз моделі у зв'язку з накопиченням даних про досліджувані явища. В процесі розвитку науки і техніки дані про досліджуваних явищах все більш і більш уточнюються і настає момент, коли висновки, отримані на підставі прийнятої математичної моделі стануть відповідними нашим знанням. Таким чином, виникає необхідність побудови нової, більш досконалої математичної моделі. Це відповідає основним науко-

вим ознаками: 1) наступність; 2) інваріантність щодо простору і часу; 3) прогнозування нових наукових результатів.

Математичне моделювання процесу гальмування автомобільного колеса відбувалося послідовно протягом півстоліття:

1) А.А. Андроновим введено поняття автоколивань стосовно гальмівних пристроїв (1959 рік)

2) Д.А. Соцков застосував теорію автоколивань до реальних автомобільним гальмівних систем при їх експлуатації, що використовується в останні двадцять років.

3) У даний час широкого поширення набули АБС, основною функцією яких є регулювання проковзування коліс при повній відсутності ковзання шини по дорожньому покриттю з високим коефіцієнтом зчеплення. Ці, здавалося, несумісні властивості механізму гальмування колеса, знайшли пояснення через деформаційне проковзування (термін використовується фірмою Bosch) [15].

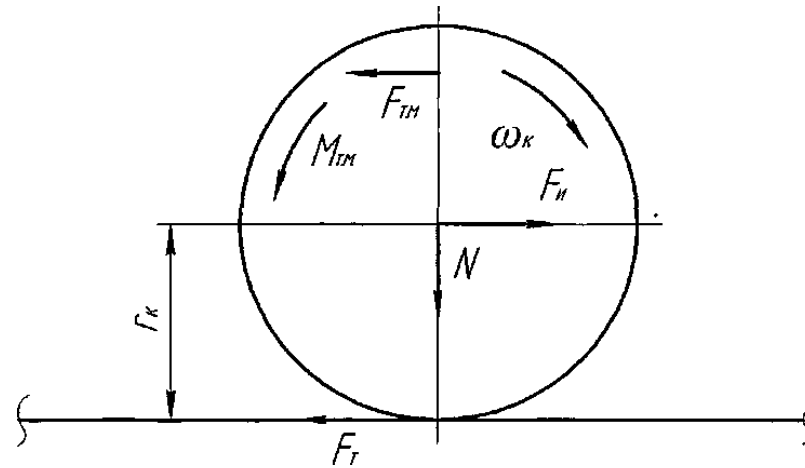
У даній роботі на основі розвитку уявлень про математичну модель гальмування колеса, пропонується модель обертання колеса при гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС. У моделі не враховуються діючі сили, оскільки проковзування, регулювання якого є основною функцією АБС, має чисто кінематичний характер.

2.4 Кінематична модель обертання колеса з жорсткою шиною

Створення кінематичної моделі обертання колеса з жорсткою шиною є першим етапом розробки моделі обертання колеса в процесі гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС. При розгляді предмета дослідження від більш простого до складного.

У процесі гальмування жорсткого колеса можливі тільки дві ситуації: заблоковане колесо рухається юзом і ситуація, коли моменту гальмівного механізму недостатньо для блокування колеса і воно продовжує котитися по поверхні.

На рис. 2.1 представлена схема руху колеса.



r_k – радіус колеса; ω_k – кутова швидкість колеса; F_T – сила гальмування; $F_И$ – сила інерції; $M_{ТМ}$ – момент гальмівного механізму

Рисунок 2.1 – Схема руху жорсткого колеса по твердій дорозі:

Розглянемо з точки зору фізики процесу обидва режими руху колеса:

- перший режим: момент, створений гальмівним механізмом, більше моменту, створюваного силою тертя, колесо рухається юзом, кутова швидкість колеса дорівнює нулю, а лінійна швидкість мінімальна за рахунок повного використання зчеплення колеса з дорожнім покриттям:

$$\begin{aligned} M_{ТМ} &> M_{Ft} ; \\ \omega_k &= 0 \\ V_k &= \min \end{aligned} \quad (2.6)$$

- другий режим: момент гальмівного механізму менше моменту, створюваного силою тертя, кутова швидкість колеса дорівнює відношенню лінійної швидкості до радіуса колеса:

$$\begin{aligned} M_{ТМ} &< M_{Ft} ; \\ \omega_k &= \frac{V_k}{r_k} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Таким чином, в першому випадку в процесі гальмування колесо буде некерованим, а в другому випадку, зчеплення колеса з дорожнім покриттям буде використовуватися не в повному обсязі і колесо буде недогальмовувати.

Однак, навіть в разі дворежимної роботи колеса в процесі екстреного гальмування, установка АБС на таку систему має сенс, оскільки хоч і відбувається збільшення гальмівного шляху, зате, колесо стає частково керованим.

Обґрунтуємо, при відсутності АБС в процесі екстреного гальмування колесо рухається в режимі, описаному формулами 2.6, тобто колесо некероване, а гальмівний шлях мінімальний. А при наявності АБС режими роботи колеса в процесі екстреного гальмування періодично змінюються, колесо недогальмовує, але стає частково керованим. Практика показує, що для мінімізації наслідків екстрених ситуацій, в яких спрацьовує АБС, керованість автомобіля - пріоритетніша характеристика транспортного засобу, ніж ефективність гальмування.

Можна сказати, що у перших АБС робота колеса в процесі гальмування була близька до кінематичної моделі обертання колеса, описаної вище. Оскільки частота їх роботи була низькою і рух колеса в перехідному режимі, мова про який піде далі, займав малий відсоток часу і відповідно не мав значного впливу на параметри гальмування. Тому, перші АБС, свідомо збільшуючи гальмівний шлях, підвищували керованість і стійкість (в разі гальмування на повороті або дорозі з поперечним нахилом) і, тим самим, підвищували активну безпеку транспортних засобів. Сучасні технології дозволяють створити таку АБС, яка на твердому покритті, не жертвуючи ефективністю гальмування, підвищує керованість і стійкість транспортного засобу.

2.5 Модель деформаційного проковзування колеса з пружною шиною по твердому дорожньому покриттю

Реальні колеса мають шини з певною жорсткістю, як в поперечному, так і в поздовжньому перерізах. Вплив поперечної жорсткості на роботу шини виходить за рамки цієї роботи. Тому далі розглянемо вплив поздовжньої жорсткості на роботу автомобільного колеса.

При надаванні до колеса моменту, створюваного гальмівним механізмом, шина відчуває деформацію розтягування, параметри самої шини істотно впливають на це явище.

При гальмуванні автомобіля величина моменту, створюваного гальмівним механізмом, є регульованою величиною і може змінюватися від 0 до деякого максимального значення, при якому його стає досить, щоб він викликав ковзання шини по дорожньому полотну. При наближенні до блокування колеса, електронний блок АБС дає команду до зниження тиску в гальмівній магістралі і, відповідно, зниження моменту гальмівного механізму.

Питання аналізу обертання колеса при гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС, виник після отримання експериментальних даних. За результатами експериментальних даних виходило, що шлях пройдений колесом приблизно на 5% менше шляху пройденого автомобілем, тобто при гальмівному шляху ТЗ рівному 8м., гальмівний шлях колеса, розрахований по датчику кутової швидкості колеса, приблизно дорівнює 7,6м. Все логічно, АБС регулює проковзування, тому шлях, пройдений колесом, менше шляху пройденого автомобілем:

$$\lambda = \frac{S_a - S_k}{S_a} \quad (2.8)$$

де: λ – проковзування; S_a – шлях, пройдений автомобілем; S_k – шлях, пройдений колесом.

Але при цьому були відсутні сліди блокування колеса на дорожньому покритті, наявність яких, за технічним регламентом є ознакою несправності АБС. Оскільки гальмівний шлях автомобіля, розраховувався щодо статичних елементів, значить помилка допущена при розрахунку гальмівного шляху колеса. Шлях, пройдений колесом, визначався за допомогою пристрою для вимірювання кутової швидкості колеса за формулою 2.9:

$$S_k = 2n\pi r \quad (2.9)$$

де n – число обертів колеса; r – радіус колеса.

Число обертів визначається за результатами, отриманими з датчика кутової швидкості колеса. Датчик проводить прямі вимірювання.

Значить, в процесі гальмування в зоні контакту шини з дорогою вона знаходиться в деформованому розтягнутому стані. Тоді шлях, пройдений автомобілем, буде рівним шляху, пройденого шиною в зоні контакту, і вона не залишить слідів блокування на дорожньому покритті. А при розрахунках, при збільшенні ефективного периметра колеса, ми отримаємо менше число обертів. Тому шлях, пройдений колесом, буде менше шляху, пройденого автомобілем. Описане вище стало причиною створення моделі деформаційного прослизання колеса по твердому дорожньому покриттю.

На рисунку 2.2 проілюстрована модель деформаційного проковзування колеса з пружною шиною по твердому дорожньому покриттю. Представлена модель має ряд допущень: процес описаний якісно, враховується тільки поздовжня деформація колеса, дорожня поверхня є гладкою, рівною, однорідною, горизонтальною, кількість умовних секторів шини, які відчувають розтягнення, що знаходяться в деформованому стані і повертаються в початковий стан рівні, розтягнення шини відбувається лінійно .

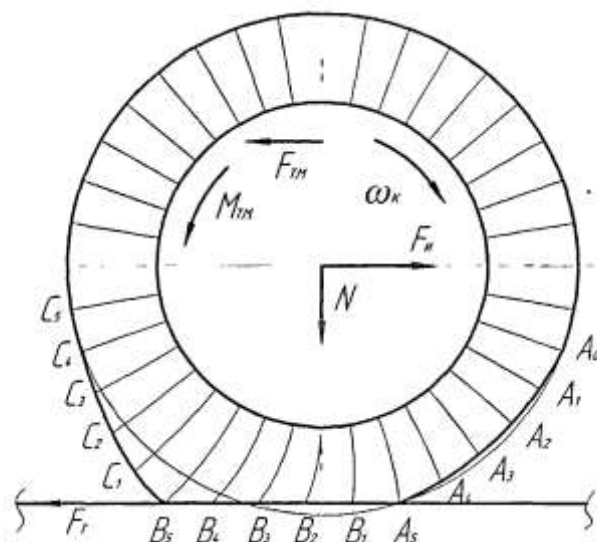


Рисунок 2.2 – Схема деформаційного проковзування колеса з пружною шиною по твердому дорожньому покриттю

Процеси, що відбуваються з шиною:

- в зоні $A_0 - A_5$ відбувається розтягнення матеріалу шини за рахунок різнонаправленості сили інерції і гальмування.

- в зоні $A_5 - B_5$ матеріал шини залишається деформованим, оскільки він притиснутий до дорожньому покриття нормальною силою.

- в зоні $B_5 - C_5$ відбувається релаксація шини і в точці C_5 матеріал шини

повертається в початковий стан.

Таким чином, в процесі гальмування колеса відбувається збільшення ефективного периметра шини, що призводить до деформаційного проковзування колеса, при відсутності його блокування в зоні контакту з дорожньою поверхнею.

Закономірності, що визначають деформаційне проковзування колеса з пружною шиною:

- на ділянці $A_0 - A_5$ відбувається розтягнення матеріалу шини:

$$\Delta l = \frac{F}{k}, \quad (2.10)$$

де Δl – подовження матеріалу шини; F – сила пружності шини; k – коефіцієнт жорсткості матеріалу шини.

Реальна шина має складну будову, а матеріали, що входять в конструкцію шини, володіють змінним коефіцієнтом жорсткості.

- на ділянці $A_5 - B_5$ подовження матеріалу шини залишається постійним, вона щільно притиснута до дорожньої поверхні нормальною силою:

$$\Delta l = 0. \quad (2.11)$$

- на ділянці $B_5 - C_5$ відбувається релаксація шини. Відповідно до рівняння релаксації (2.12) подовження є негативною величиною.

$$l = l_0 e^{-2\beta t};$$

$$\Delta l = l_0 (1 - e^{-2\beta t}). \quad (2.12)$$

де l_0 – довжина не деформованої ділянки; β – коефіцієнт згасання деформації; t – поточний час. В точці C_5 шина повертається в початковий стан.

Описана вище модель узгоджується з тим, що при наявності деформаційного проковзування в процесі гальмування автомобіля відсутнє ковзання шини по дорожньому покриттю. В реальних умовах це означає, що автомобіль в будь-який момент гальмування зберігає керованість і стійкість.

2.6 Процес зміни проковзування колеса при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС

Розглянемо зміну величини проковзування колеса в процесі гальмування автомобіля, при роботі АБС в режимі деформаційного проковзування. На рисунку 2.3 проілюстровано процес зміни проковзування колеса при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС. Представлена залежність має ряд припущень: поверхню гальмування є рівною, горизонтальною і однорідною; період циклу роботи АБС в процесі гальмування не змінюється; із сил, які чинять опір руху, враховується тільки гальмівна сила.

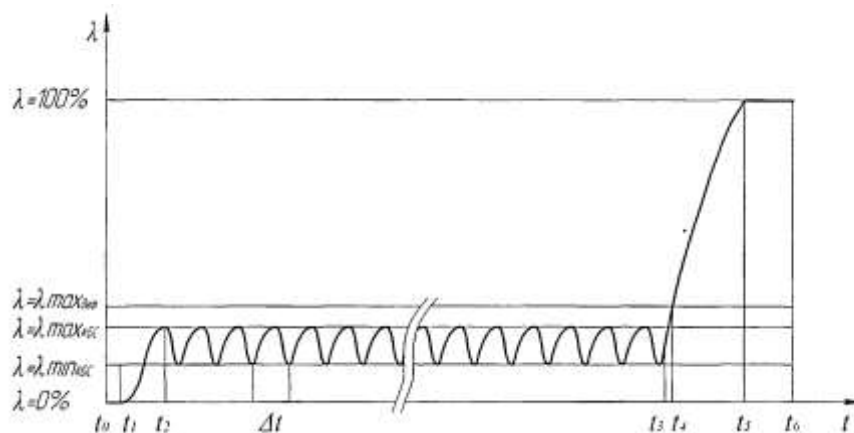


Рисунок 2.3 – Залежність проковзування від часу в процесі гальмування

Опишемо кінематичні процеси, що відбуваються з колесом, при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС:

1. На проміжку часу $t_g - t_j$, рівному часу запізнення гальмівної системи (інтервал часу від початку гальмування до моменту появи уповільнення гальмівної сили), швидкість колеса дорівнює швидкості автомобіля, а проковзування дорівнює нулю тобто:

$$V_a = V_k ;$$

$$\lambda = \frac{V_a - V_k}{V_a} = 0. \quad (2.13)$$

2. У період часу $t1-t2$ відбувається різке зниження швидкості колеса і відповідно збільшення проковзування до деякого максимального граничного значення. Вид кривої проковзування в цьому проміжку часу залежить від зчеплення шини з дорогою, стану гальмівної системи (зазори між елементами тертя в гальмівних механізмах, стан підсилювача гальм, стан робочих гальмівних механізмів тощо) та її конструктивних особливостей (тип гальмівної системи, вид гальмівних механізмів, наявність регуляторів гальм, характеристики підсилювача гальм). Однак значення максимального проковзування, яке досягається в кінці періоду, з урахуванням вищесказаних припущень, залежить тільки від коефіцієнта зчеплення шини з дорогою, стану і конструктивних особливостей АБС (наприклад частоти роботи), а найбільш значущим конструктивним фактором гальмівної системи є розміри стандартного колеса. Вони мають найбільший вплив, оскільки саме геометричні параметри колеса (співвідношення ширини профілю, висоти профілю і посадкового діаметра диска) визначають здатність шини деформуватися в процесі гальмування і відповідно здійснювати деформаційне проковзування колеса.

На рисунку 2.4 проілюстровано механізм формування максимального значення величини проковзування за рахунок деформаційного ковзання.

Опишемо математично сказане вище, причому спочатку розглянемо рух автомобіля на нейтральній передачі на ділянці колеса $A_{5.0} - B_{5.0}$, без гальмування (рис. 2.4а) формули 2.14.

$$A_{5.0} B_{5.0} = S_{a.0} = S_{k.0}$$

$$\lambda_{\text{віл}} = \frac{S_{a.0} - S_{k.0}}{S_{a.0}} = 0. \quad (2.14)$$

де $S_{a.0}$ і $S_{k.0}$ – шляхи, пройдені відповідно автомобілем і колесом при русі автомобіля на нейтральній передачі без гальмування.

Розглянемо рух автомобіля, на тій же ділянці в процесі гальмування при деформаційному проковзуванні (рис. 2.4 б, формули 2.15, 2.16), причому допустимо, що шлях, пройдений колесом не змінився.

$$S_k = S_{k.0}; \quad (2.15)$$

$S_a > S_{a,0}$, оскільки, щоб колесо в процесі гальмування пройшло той же шлях, автомобіль пройде більший шлях;

$$S_a > S_k ;$$

$$\lambda = \frac{S_a - S_k}{S_a} = 1 - \frac{S_k}{S_a} > 0. \quad (2.16)$$

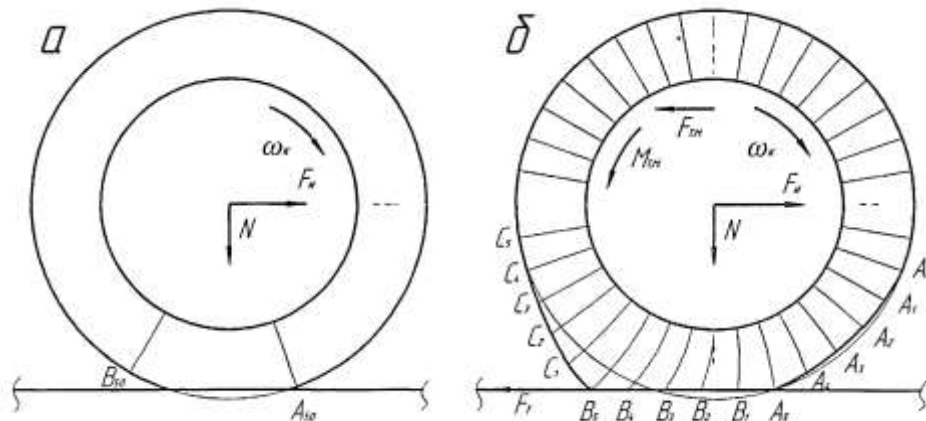


Рисунок 2.4 – Вид колеса при русі автомобіля на нейтральній передачі без гальмування (а) і при максимальному пороговому значенні величини проковзування

Таким чином, ми отримуємо, що шлях, пройдений автомобілем, більше шляху, пройденого колесом, і відповідно проковзування більше нуля, однак, при цьому шлях, пройдений шиною, дорівнює шляху, пройденого автомобілем, за рахунок пружного розтягування шини в зоні контакту з дорогою. Це призводить до того, що автомобіль в процесі гальмування не втрачає зчіпних властивостей, а значить, не знижуються стійкість і керованість. Саме такий режим руху в процесі гальмування і називається деформаційним проковзуванням. Однак рух в режимі деформаційного проковзування неможливо у всьому діапазоні проковзування, тому в процесі гальмування необхідно його регулювати, що і робить АБС, керуючи швидкістю колеса.

3. Далі на проміжку часу $t_2 - t_3$ (рис. 2.3) відбуваються періодичні коливання проковзування з постійною амплітудою:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad (2.17)$$

де: T – період коливань, ω_0 – частота вимушених коливань.

На початку цього періоду відбувається цикл скидання тиску, і відповідно падіння проковзування, величина якого в ідеальному випадку повинна бути близька до максимального граничного значення. Тоді буде розвиватися максимальна гальмівна сила, а гальмівний шлях буде мінімальний. Але це неможливо, оскільки в такому випадку частота роботи АБС повинна прагнути до нескінченності а, гістерезис гальмівної системи до нуля, навіть якщо ці припущення коли-небудь будуть досягнуті, необхідно щоб автомобіль рухався по ідеальній дорозі, що в реальних умовах неможливо.

Мінімальне граничне значення регулюється в залежності від зчіпних властивостей покриття, частоти роботи АБС, гістерезиса гальмівної системи, конструкції гальмівних механізмів, тощо. В умовній точки /j відбувається відключення АБС. Відключення АБС необхідно, оскільки при зниженні швидкості автомобіля і відповідно колеса, частота роботи колесного індукційного датчика теж знижується, і її стає недостатньою для нормального функціонування АБС.

4. На проміжку часу $t_j - t_4$ (рис. 2.3) АБС відключена, проте блокування колеса не відбувається, оскільки тільки в точці t_4 деформація колеса досягає граничного значення рис. 2.5

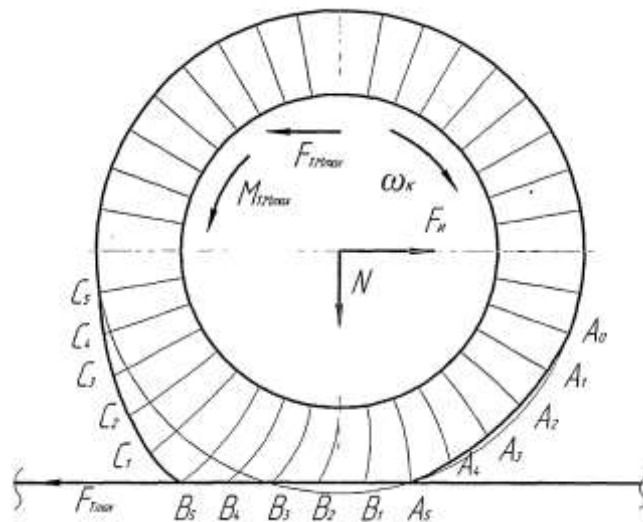


Рисунок 2.5 – Максимальна деформація колеса в режимі деформаційного проковзування

Тобто, на рисунку 2.5 відображена максимально можлива пружна деформація шини, при якій зберігається режим деформаційного проковзування. Це означає, що до точки t_4 шина автомобіля не ковзає по дорожній поверхні, тим самим повністю зберігаючи стійкість і керованість транспортного засобу.

В ідеальному випадку значення максимального граничного значення проковзування має досягати максимального деформаційного значення. Але як уже зазначалося вище, стосовно до теоретичного досягнення мінімального порогового значення, це не можливо через втрату адаптивності системи. Якщо коли-небудь автомобіль зможе передбачати зміну дорожньої ситуації (зокрема коефіцієнта зчеплення), то при частоті роботи АБС, прямуючої до нескінченності, а гістерезису - прямуючому до нуля, теоретична залежність проковзування від часу буде мати вигляд рис. 2.6.

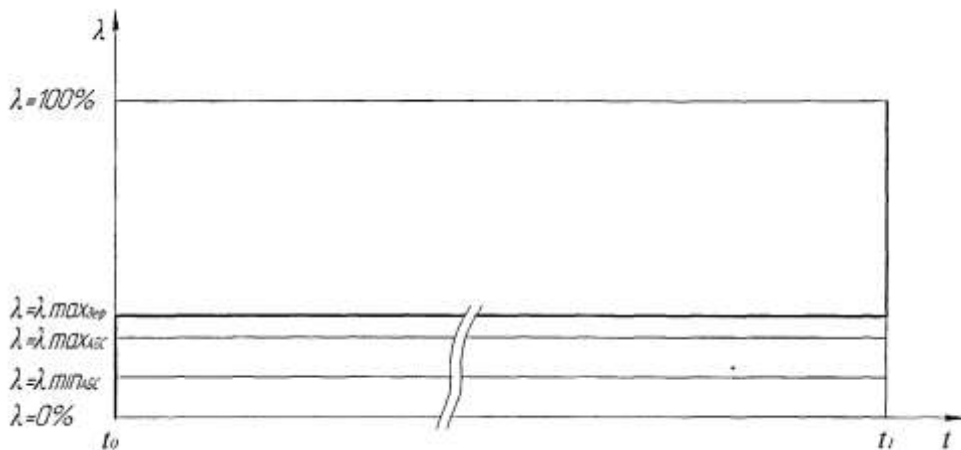


Рисунок 2.6 – Теоретична залежність проковзування від часу

В реальних умовах це буде означати, що на проміжку часу $t_0 - t_1$ без втрати стійкості і керованості ефективність гальмування автомобіля буде вище ефективності гальмування автомобіля з повністю заблокованими колесами. Тобто, при коефіцієнті зчеплення коліс з дорожнім покриттям рівному одиниці, гальмівна сила перевищить вагу автомобіля, без втрати керованості і стійкості, за рахунок сили опору повітря. На даний час перевищити уповільнення $9,8 \text{ м/с}^2$ вдається тільки із застосуванням спецзасобів (парашутів), однак зберегти керованість і стійкість ТС при цьому неможливо.

5. В період часу $t_4 - t_5$ (рис. 2.3) відбувається наростання проковзування аж до 100%, тобто до повністю заблокованого колеса. При цьому ре-

жим руху колеса постійно змінюється з деформаційного ковзання на режим автоколювання, при перевищенні деформаційного порога шини, і навпаки. Важливо відзначити, що на початку періоду керованість і стійкість колеса (автомобіля) близька до максимальної, а в кінці періоду мінімальна.

б. На проміжку часу $t_5 - t_6$ (рис. 2.3) колесо заблоковано, можна сказати, не кероване, а шина рухається в режимі автоколювань.

Висновки до розділу

Розглянуті релаксація і деформація матеріалу шини, як процеси, які надають найбільший вплив на гальмування колеса автомобіля, обладнаного АБС. Виявлено, що частота роботи АБС повинна змінюватися в залежності від швидкості ТЗ і дорожніх умов.

Представлена модель обертання колеса з жорсткою шиною і описані режими руху жорсткого колеса. Доведено, що при наявності проковзування в процесі гальмування жорсткого колеса, уникнути його блокування неможливо.

Розроблено модель деформаційного проковзування колеса з пружною шиною по твердому дорожньому покриттю. Виявлено, що в процесі деформаційного проковзування, за рахунок розтягування матеріалу шини, при наявності проковзування колеса, відсутні сліди його блокування в процесі гальмування.

Описано процес зміни проковзування колеса при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС. Теоретичний аналіз даного процесу дозволяє оцінити стійкість і керованість колеса в кожній фазі екстремого гальмування автомобіля.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКИ І ЗАСОБИ ОЦІНКИ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Методика оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, в дорожніх умовах

Періодичне діагностування транспортних засобів, обладнаних АБС, вимагає проведення випробувань АТЗ. На автотранспортних підприємствах випробування не завжди проводяться, зважаючи на відсутність методики і засобів. Вирішення цих питань є проблемою сьогодення і є предметом цієї магістерської роботи.

У магістерській роботі було розглянуто методику і засоби оцінки працездатності гальмівної системи автомобілів, обладнаних АБС.

Під працездатністю розуміють технічний стан автомобіля, при якому він відповідає вимогам нормативно-технічної документації, забезпечує використання об'єкта за призначенням. Оцінка працездатності проводиться шляхом діагностування автомобіля. Діагностуванням називають процес визначення технічного стану об'єкта без його розбирання шляхом вимірювання величин, що характеризують його стан, і зіставлення їх з нормативними. Діагностування здійснюється за допомогою спеціальних засобів. Розрізняють зовнішні засоби діагностування, які приєднуються тільки під час проведення контролю і не є елементами виробу, і вбудовані (бортові), котрі є конструктивними елементами об'єкта та здійснюють контроль безперервно або періодично за певною програмою. В роботі особлива увага приділяється розробці зовнішніх засобів діагностування, оскільки зміна конструкції автомобіля не припустима.

У процесі виконання магістерської роботи розглянута методика і засоби, які дозволять об'єктивно оцінити ефективність гальмування і стійкість транспортного засобу, а також з'ясувати, чи відбувалося блокування коліс при зниженні швидкості з 40 км / год до 15 км / год.

У технічному регламенті про безпеку колісних транспортних засобів наведені тільки деякі умови проведення випробувань (завантаження транспортного засобу і початкова швидкість гальмування) і нормативні параметри робочої гальмівної системи. Методика і засоби, за допомогою яких можна оцінити працездатність транспортного засобу при проведенні дорожніх випробувань, не регламентовані.

Умови проведення дорожніх випробувань за технічним регламентом і ДСТУ 3649:

- перевірки в дорожніх умовах проводять на прямий рівній горизонтальній сухою чистою дорозі з цементобетонним або асфальтобетонним покриттям;

- гальмування робочою гальмівною системою здійснюється в режимі екстреного повного гальмування шляхом одноразової дії на орган управління;

- початкова швидкість гальмування не менше 40 км / год;

- гальмування ТЗ проводиться в спорядженому стані;

- час повного приведення в дію органу управління гальмівної системою не повинно перевищувати 0,2 с;

- коректування траєкторії руху автомобіля в процесі не допускається;

- загальна маса технічних засобів діагностування, що застосовуються

при

перевірках в дорожніх умовах не повинна перевищувати 25 кг.

Нормативні параметри робочої гальмівної системи за технічним регламентом:

- робочу гальмівну систему перевіряють за показниками ефективності гальмування і стійкості транспортного засобу при гальмуванні;

- ефективність гальмівної системи легкового автомобіля оцінюється або за значенням усталеного уповільнення (не менше $5,2 \text{ м/с}^2$ при часу спрацьовування гальмівної системи не більше 0,6 с), або з гальмівного шляху (не більше 15,8 м);

- транспортний засіб не повинен жодної своєї частиною виходити з нормативного коридору руху шириною 3 м;
- зусилля на орган управління не повинно перевищувати 490 Н;
- повинні бути відсутніми сліди блокування коліс на дорожньому покритті;

Оцінка справності повинна проводитися за мінімальну кількість часу з мінімальним набором технічних засобів.

Для вирішення поставленого завдання необхідно спроектувати схему майданчика для проведення дорожніх випробувань і розробити вимірювальну систему, що дозволяє провести оцінку працездатності по нормативним параметрам.

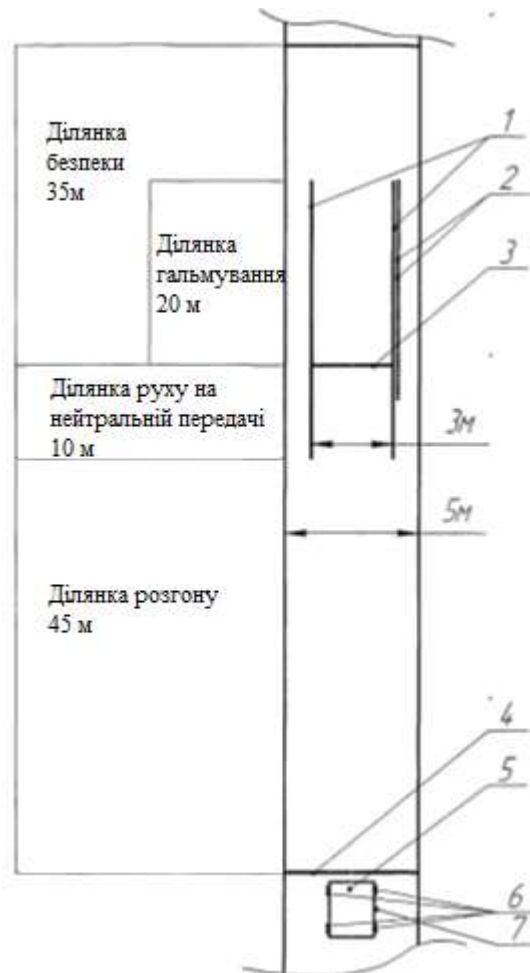


Рисунок 3.1 – Схема майданчика для проведення дорожніх випробувань

У вимірювальну систему входить: датчик для вимірювання швидкості автомобіля (визначення усталеного уповільнення ТЗ і початкової швидкості

гальмування), чотири пристрої для вимірювання кутової швидкості коліс (визначення наявності або відсутності блокування колеса передньої і задньої осі автомобіля), стандартний датчик зусилля на органі керування гальмовою системою, аналого-цифровий перетворювач на 6 каналів і ноутбук, як пристрій запису і обробки сигналів з датчиків.

Випробування на майданчику (рис. 3.1.) Проводяться згідно з алгоритмом (рис. 3.2.).



Рисунок 3.2 – Алгоритм оцінки працездатності гальмівної системи, обладнаної АБС

Випробування проводяться в такий спосіб: інтенсивний розгін ТЗ 5 від стартової лінії 4 до швидкості приблизно 45 км / год, потім рух на нейтраль-

ній передачі близько секунди, на «стоп лінії» 3 проводиться екстрене гальмування ТЗ, записуються сигнали, отримані з датчиків в процесі екстреного гальмування, також оцінюється проходження коридору руху 1. Після обробки сигналів з датчиків кутової швидкості коліс автомобіля 6, датчика для визначення швидкості автомобіля 7, який вимірює швидкість ТЗ щодо реперів 2 і оцінки отриманих результатів, виноситися рішення про справність або несправність робочої гальмівної системи транспортного засобу, обладнаного АБС.

3.2 Визначення геометричних розмірів випробувального майданчика

Легкові автомобілі, обладнані АБС, мають гарні динамічні показники. Як правило, вони розганяються до 100 км/год (27,78м/с) менше ніж за 15с, тому в якості вихідного даного візьмемо саме це значення. Припустимо в розрахунку, що розгін автомобіля буде відбуватися рівноприскорено.

Визначимо довжину ділянки, необхідної для розгону автомобіля, для цього

спочатку визначимо значення прискорення і час розгону автомобіля до швидкості 45км / год (12,5 м / с):

$$\begin{aligned} a &= \frac{\Delta V}{\Delta t} = 1.85 \text{ м/с}^2; \\ t_p &= \frac{\Delta V}{a} = 6.76 \text{ с}; \\ S_p &= \frac{at_p^2}{2} = 42.27 \text{ м}, \end{aligned} \tag{3.1}$$

де a – прискорення; ΔV – зміна швидкості; t_p – час розгону до швидкості 45 км / год; S_p – розрахункова довжина ділянки розгону.

Довжина ділянки руху на нейтральній передачі залежить від часу реакції водія. У розрахунках час реакції водія приймають рівним 0,7-0,8 с. При часу реакції водія рівному 0,8 с і початкової швидкості гальмування 45км / год (12,5 м / с), довжина ділянки гальмування складе 10м.

За нормативними документами гальмівний шлях транспортного засобу при гальмуванні за допомогою робочої гальмівної системи становить не більше 15,8м. Але необхідно врахувати те, що робоча гальмівна система випробуваного транспортного засобу може бути несправна, тоді здійснювати гальмування доведеться за допомогою запасної гальмової системи (гальмівний шлях не більше 28,1м).

Так само при проектуванні ділянок випробувальної майданчика необхідно мати допуски в разі надмірного розгону ТЗ, помилки оператора і т.д. Тому ділянку розгону приймемо рівним 45м, ділянку гальмування 20м, а ділянку безпеки 35м. Тоді, з урахуванням того, що ділянка безпеки починається від «стоп лінії», загальна довжина випробувального майданчика складе 90м. Ширина площадки, виходячи з коридору руху рівного 3м, прийнята рівною 5м.

Такі площі, як правило, є у автотранспортних підприємств, дилерських центрів і великих автомобільних сервісів. Саме на ці підприємства і розрахована дана методика.

3.3 Визначення похибки засобів вимірювань

Для оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, використовуються такі засоби вимірювання: пристрій для вимірювання швидкості автомобіля (визначення усталеного уповільнення), датчик кутової швидкості колеса (вимір швидкості коліс) і стандартна динамометрична педаль (визначення зусилля на органі управління).

За ДСТУ 3649 похибка вимірювання сталого уповільнення не повинна перевищувати $\pm 4\%$. Визначимо, чи задовільняє даній вимозі розроблений пристрій для вимірювання швидкості автомобіля чи ні. Для обчислення уповільнення необхідно виміряти 2 відстані між 3 реперами і час проходження автомобіля паралельно цим 3 реперам:

$$j = \frac{V_1 - V_2}{\Delta t} = \frac{\frac{s_1}{t_1 - t_2} - \frac{s_2}{t_2 - t_3}}{t_1 - t_3} \quad (3.2)$$

Час записується за допомогою тензостанції А17-Т8, межа допустимої відносної похибки якої дорівнює $\pm 0,1\%$. Відстань між реперами рівна 50 см (0,5м) виставляється за допомогою вимірювального приладу з ціною поділки рівною 1 см (0,01 м). Відносна похибка вимірювання відстані між реперами буде розраховуватися за формулою:

$$\delta_1 = \frac{\Delta}{x} 100\% = 2\%, \quad (3.3)$$

де Δ – абсолютна похибка; x – вимірювальна величина. .

Також при визначенні відносної похибки вимірювання уповільнення ТЗ необхідно врахувати те, що в процесі дорожніх випробувань траєкторія руху транспортного засобу може проходити не паралельно виставленим реперам, за рахунок відведення від заданого напрямку автомобіля при гальмуванні. Причому похибка вимірювання буде залежати від половини різниці ширини транспортного засобу і коридору руху (оскільки траєкторія обмежена коридором руху 3м) і довжини гальмівного шляху, оскільки вони є катетами обмежуючими траєкторію руху ТЗ.

Половина різниці ширини транспортного засобу і коридору руху складе 0,6м, оскільки середня ширина легкового автомобіля становить приблизно 1,8 м.

Розрахуємо мінімальну довжину гальмівного шляху, оскільки при мінімальному гальмівному шляху, похибка вимірювання уповільнення автомобіля буде максимальна. Граничне уповільнення, яке дорівнює добутку коефіцієнта зчеплення (0,75 рівний сухий горизонтальний асфальтобетон) транспортного засобу на прискорення вільного падіння, складе 7,35 м/с². Тоді мінімальний гальмівний шлях, розрахований за формулами 3.1 буде дорівнювати 8,3м, а відносна похибка вимірювання, пов'язана з відведенням ТЗ (формула 3.3) складе 0,26%.

Тоді похибка вимірювання уповільнення буде дорівнює:

$$\delta_a = \pm \sqrt{\sum_{l=1}^n \delta_l^2} = \pm \sqrt{2\delta_l^2 + 3\delta_t^2 + \delta_y^2} = \pm 2.8\% \quad (3.4)$$

де δ_l – відносна похибка вимірювання відстані; δ_t – відносна похибка вимірювання часу, δ_y – відносна похибка, пов'язана з відведенням ТЗ в процесі гальмування.

Розрахована похибка прискорення менше похибки заданої ДСТУ (2,8% < 4%), значить пристрій для вимірювання швидкості автомобіля дозволяє виміряти уповільнення ТЗ із заданою точністю.

Відповідно до Держстандарту похибка вимірювання швидкості не повинна перевищувати ± 1 км/ч на початку гальмування. При початковій швидкості гальмування 40 км/год, відносна похибка вимірювання повинна бути не більше $\pm 2,5\%$ (фор. 3.3).

Визначимо відносну похибку пристрою для вимірювання кутової швидкості колеса. Для обчислення швидкості колеса необхідно 2 рази виміряти кут повороту диска, 2 рази - час переходу з сектора на сектор і радіус колеса. Кут між секторами рівний 10° , задається за допомогою транспортира, ціна поділки якого становить $5'$. Відносна похибка вимірювання кута дорівнює $0,83\%$ (формула 3.3). Час записується за допомогою тензостанції А17-Т8, характеристики якої дані вище. Найбільша похибка вимірювання радіуса колеса буде при найменшому його значенні. Мінімальний радіус колеса автомобілів 261мм. Відносна похибка вимірювання радіуса колеса за допомогою вимірювального приладу з ціною поділки 1мм дорівнює $0,38\%$ (фор. 3.3). Похибка вимірювання швидкості колеса, відповідно до формули 3.4, буде дорівнює $\pm 1,4\%$. Оскільки розрахункове значення відносної похибки вимірювання швидкості менше нормативного ($1,4\% < 2,5\%$), значить датчик для вимірювання кутової швидкості колеса відповідає метрологічним вимогам.

Для вимірювання зусилля на органі керування гальмовою системою використовується стандартна динамометрична педаль. Гранична допустима відносна похибка якої дорівнює $\pm 4\%$, при нормативному значенні похибки $\pm 7\%$.

Висновки до розділу

1. Розглянута методика оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС в дорожніх умовах. Наведено нормативні параметри, за якими буде проводитися оцінка працездатності гальмівної системи.

2. Визначені умови проведення випробувань і представлена схема майданчиків для дорожніх випробувань. Розроблено вимірювальну систему, в яку входить: датчик для вимірювання швидкості автомобіля, чотири пристрої для вимірювання швидкості коліс, стандартний датчик зусилля на органі управління гальмівною системою, аналого-цифровий перетворювач на 6 каналів і портативний комп'ютер, як пристрій запису і обробки сигналів з датчиків.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати експериментальних досліджень процесу гальмування легкових автомобілів

Умови невизначеності при прийнятті рішень характеризуються відсутністю достатньої кількості інформації для доцільної організації дій. Якість процесу розробки рішень залежить від повноти врахування всіх факторів, що впливають на наслідки прийнятих рішень. Невизначеність можна усунути повністю чи частково двома шляхами: поглибленим вивченням наявної інформації або набуттям інформації, якої не вистачає.

Гальмування автомобіля в різних умовах має свої особливості. В залежності від нерівномірності дії гальмівних моментів, і у зв'язку з цим різними величинами дотичних, бічних і вертикальних реакцій на колесах, воно може тривати з різним сполученням заблокованих і незаблокованих коліс. Гальмівний шлях транспортного засобу залежить як від початкової швидкості гальмування, дорожніх умов, так і від тривалості стадій процесу.

Процес гальмування автомобільного колеса з блокуванням можна умовно розділити на дві стадії: динамічна (кочення без блокування) і статична (ковзання заблокованого колеса).

В динамічній стадії відбувається зростання гальмівної сили на колесі автомобіля від нуля до максимального значення, яке визначається зчіпними якостями коліс чи найбільшим тиском робочого тіла в гальмівному приводі. Тривалість динамічної стадії залежить від конструкції приводу, індивідуальних особливостей водія, зчіпних якостей коліс з дорогою.

При гальмуванні без блокування коліс (гальмування з АБС) основна частина кінетичної енергії автомобіля перетворюється в тепло при терті в гальмівних механізмах. При відсутності АБС у гальмівному приводі перетворення механічної енергії автомобіля в теплову у динамічній стадії відбувається при терті фрикційного елемента гальмівної колодки об металеву повер-

хню барабану чи диску. Статична стадія характеризується заблокованими колесами, тому механічна енергія у даній стадії перетворюється у теплову при терті шин заблокованих коліс об дорожню поверхню.

Незважаючи на те, що мало хто з автовиробників розголошує значення гальмівного шляху моделей, в Євросоюзі прийнято вважати небезпечними всі машини, які не можуть зупинитися за 40 метрів (стандарт якості ISO 9001) при гальмуванні зі 100 км/год на сухому асфальтобетоні.

Одною з перших і найважливіших систем, призначеною для зменшення гальмівного шляху, стала антиблокувальна система гальм. Не дивлячись на те, що ця система вже давно не новинка, суперечки про її ефективність та «корисності» для водіїв актуальні досі.

Антиблокувальні системи автомобілів являють собою системи, оснащені пристроями керування зі зворотним зв'язком, що запобігають блокуванню коліс під час гальмування і зберігають керованість і курсову стійкість автомобіля.

При розробці системи АБС беруть до уваги:

- варіанти зчеплення між шиною і дорогою;
- нерівності дорожнього покриття, що викликають коливання коліс і осей;
- гальмівний гістерезис;
- зміни тиску в головному гальмовому циліндрі при впливі водія на педаль гальма;
- зміни радіуса колеса (при встановленні запасного колеса).

Критерії якості керування:

- підтримка курсової стійкості під час керування автомобілем шляхом забезпечення достатньої величини поперечної сили зчеплення на задніх колесах;
- підтримка керованості автомобіля шляхом забезпечення достатньої поперечної сили зчеплення на передніх колесах;

- зменшення гальмівного шляху в порівнянні з гальмуванням із заблокованими колесами;
- швидка зміна гальмівних моментів для різних коефіцієнтів зчеплення, наприклад, коли автомобіль рухається через невеликі ділянки льоду на дорожнім покритті;
- контроль низьких амплітуд зміни гальмівного моменту з метою попередження вібрацій у зубчастих передачах;
- високий рівень комфорту руху в результаті незначного впливу зворотного зв'язку на педаль гальма і застосування безшумних виконавчих механізмів.

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою АБС – циклічний. Пов'язано це з інерційністю самого колеса, приводу, а також елементів АБС. Якість регулювання оцінюється за тим, наскільки АБС забезпечує проковзування загальмованого колеса в заданих межах. При великому діапазоні циклічних коливань тиску порушується комфортабельність при гальмуванні (“смикання”), а елементи автомобіля сприймають додаткові навантаження. Якість роботи АБС залежить від прийнятого принципу регулювання (“алгоритму функціонування”), а також від швидкодії системи в цілому. Швидкодія визначає циклічну частоту зміни гальмівного моменту. Важливою властивістю АБС повинна бути здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність) і до зміни коефіцієнта зчеплення в процесі гальмування.

Розроблено велику кількість принципів, згідно з якими працюють АБС (алгоритмів функціонування). Вони відрізняються за складністю, вартістю реалізацією і за ступенем задоволення поставлених вимог.

При проведенні оптимізації робочих процесів гальмівних систем автомобілів часто зустрічаються задачі, рішення яких точними, кількісними методами пов'язано з труднощами:

- застосування точних методів не можливе (не обґрунтоване), оскільки на даний момент не виявлені кількісні взаємозв'язки між параметрами;

- застосування точних методів пов'язане з великими затратами часу і ресурсів;

- є сенс знехтувати точністю для економії часу і ресурсів;

- немає можливості набрати статистичний матеріал, щоб коректно скористатись теорією ймовірностей.

В такій ситуації має місце розв'язування задачі в умовах невизначеності, коли на перший план виступає не задача встановлення аналітичних зв'язків між параметрами, а облік на якісному рівні причинно-наслідкових залежностей між окремими параметрами та їх сукупностями. Інструментом розв'язування такого роду задач є нечітка логіка, яка застосовується в багатьох алгоритмах роботи АБС, якими оснащуються автомобілі уже представлені на ринку. В нинішній час Nissan, Mitsubishi, Honda, Mazda, Hyundai, BMW, Mercedes-Benz, Bosch, та Peugeot вже виробляють автомобілі з нечіткими АБС. Одна з причин вигоди антиблокувальних гальмових систем з нечіткою логікою – висока ефективність обробки інформації. В АБС час циклу управління складає приблизно 5 мілісекунд. В межах цього інтервалу, мікропроцесори повинні реєструвати всі дані датчика, опрацьовувати їх, обчислювати алгоритм АБС, керувати обвідними клапанами для гальмової рідини, виконувати тестування гальмування в встановленому порядку. Отже, будь-які додаткові функції повинні бути виконані з дуже великою ефективністю в обчислювальному відношенні. Більшість АБС використовує 16-bit мікропроцесор, в якому процес обчислення з середнього розміру нечіткою логічною системою складає близько 1/2 мілісекунди, при цьому використовується приблизно 2 КБ пам'яті.

Реалізація АБС на нечіткій логіці показує інтелектуальну комбінацію звичайних методів з нечіткою логікою. Відомо, що точка оптимальної ефективності гальмування знаходиться між двома граничними ситуаціями – вільне кочення колеса і його повне блокування. Різниця між швидкістю автомобіля та колеса під час гальмування називається “проковзанням” і визначається за формулою:

$$S = (V_a - V_k)/V_a, \quad (4.2)$$

(3) де S – проковзання, завжди між 0 (без гальмування) та 1 (блокування); V_a – швидкість автомобіля; V_k – швидкість колеса.

Рис. 4.2 показує залежність між ефективністю гальмування та проковзанням для різних дорожніх покриттів. Для $S = 0$, швидкість колеса дорівнює швидкості автомобіля. У випадку $S = 1$, колесо блокується повністю. Криві показують, що оптимальне гальмування відбувається за умови $0 < S < 1$. Проте точка максимальної ефективності гальмування залежить від типу дороги.

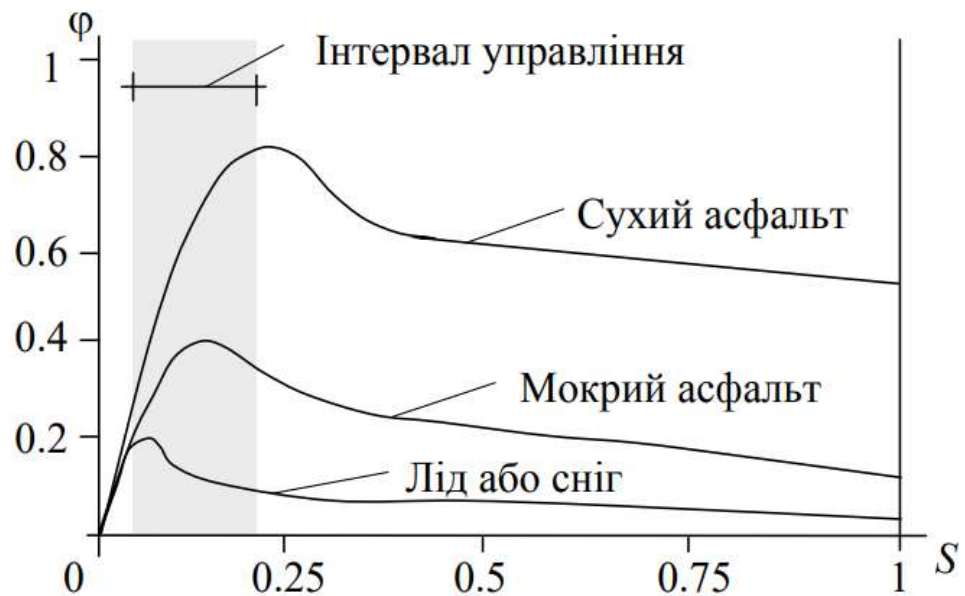


Рисунок 4.1 – Розподіл гальмової ефективності в залежності від проковзування колеса для сухих, мокрих та засніжених доріг (ϕ – коефіцієнт зчеплення, міра ефективності гальмування).

Звичайна антиблокувальна гальмова система керує обвідними клапанами гальмової рідини так, щоб проковзання дорівнювало встановленому значенню. В більшості програм це встановлене значення проковзання дорівнює 0.1, оскільки це компромісна величина для всіх станів дороги. Як видно з рис. 1, це встановлене значення не оптимальне для кожного дорожнього покриття. Знаючи тип дорожнього покриття, можна збільшити ефективність гальмування ще більше.

Проблема – як дізнатися, який тип дорожнього покриття. Вважати, що водій натисне кнопку на панелі приладів раніше, аніж зробить екстрене гальмування, не реально. Альтернатива – використання датчиків. Багато компаній оцінили різноманітні типи датчиків. Результат – те, що датчики, які дають добру ідентифікацію поверхні дороги, не достатньо надійні та занадто дорогі. Ідея застосування нечіткого логічного висновку проста. Припустимо, Ви сидите в вашому власному автомобілі, обладнаному стандартною АБС. Після руху з відомою швидкістю Ви притиснули гальмову педаль, так що АБС починає працювати. Навіть якщо б Ви не знали, яка була поверхня дороги, Ви могли б тепер зробити достатньо точне припущення лише з реакції автомобіля. Тепер, якщо Ви можете оцінювати поверхню дороги лише по реакції автомобіля, то чому не здійснити це в АБС за допомогою нечіткої логіки? Коли АБС вперше виявляє блокування колеса, то починає керувати клапанами гальмової рідини так, щоб кожне колесо оберталося з проковзанням 0,1. Після цього нечітка логічна система оцінює реакцію автомобіля на гальмування, визначає поточну поверхню дороги і корегує встановлену величину проковзання для досягнення найкращої ефективності гальмування. Нечітка логічна система використовує вхідні дані лише від існуючих датчиків АБС. Вхідними даними є сповільнення та швидкість автомобіля, сповільнення та швидкості коліс, і гідравлічний тиск рідини гальма. Ці змінні входу – непрямий показник поточної точки управління гальмовою системою (рис. 1), її зміни через якийсь час. Експерименти показали, що перший дослідницький зразок лише з шістьма нечіткими логічними правилами значно покращує характеристики АБС. На одній з випробувальних трас, стан якої змінювався від сніжного до мокрого, АБС з нечіткою логікою виявляла зміну в дорожніх умовах навіть під час гальмування.

Від величини реалізованого коефіцієнта зчеплення суттєво залежать такі показники гальмівної ефективності як гальмівний шлях та сповільнення автомобіля. Згідно з табличними даними, якими керуються експерти під час проведення автотехнічних досліджень, стале сповільнення легкових автомо-

білів у спорядженому стані на сухому асфальтобетонному покритті становить 6,9–7,5 м/с². Як показують експериментальні дослідження [1, 3, 6] ефективність гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, перевищує табличні дані на 1-1,6 м/с².

Для розв'язання проблеми, пов'язаної з підвищенням точності розрахунків при проведенні судової автотехнічної експертизи, необхідно розробити методичні рекомендації з визначення гальмівної ефективності легкових автомобілів, обладнаних АБС. Ця проблема має розв'язуватися шляхом проведення значних за обсягом експериментальних досліджень.

Працівниками ВНТУ проводилися випробування з визначення ефективності робочої гальмівної системи автомобілів, обладнаних АБС, з урахуванням чинних в Україні галузевих стандартів. Ділянка дороги для проведення експериментальних досліджень знаходилась приблизно в 5 км від м. Вінниця на дорозі Вінниця-Хмельницький. Вона представляє собою горизонтальну ділянку протяжністю біля одного кілометра з твердим асфальтобетонним покриттям, її негоризонтальність не перевищує 1,5%. Швидкість вітру під час випробувань не перевищувала 3 м/с, температура повітря знаходилась в межах 15-25°C, дослідження проводились окремо на сухому та вологому покритті. Визначення гальмівного шляху здійснювалось за допомогою рулетки та пістолета-відмітника, закріпленого на бампері автомобіля. Гальмівні діаграми отримувались за допомогою приладу AVZM-100 німецької фірми „МАНА”. За допомогою даного приладу також вимірювалась сила натискання на педаль гальма під час випробувань за допомогою датчика, який встановлювався на педаль гальма. Під час проведення експерименту в дорожніх умовах на автомобілях Daewoo Lanos та Mercedes-Benz 212D фіксувалось: початкова швидкість гальмування (гальмування проводились при швидкості 40, 60, 80, 100 км/год – за показаннями спідометра); величина гальмівного шляху; сповільнення автомобіля. Результати дорожніх випробувань занесені у табл. 1, 2.

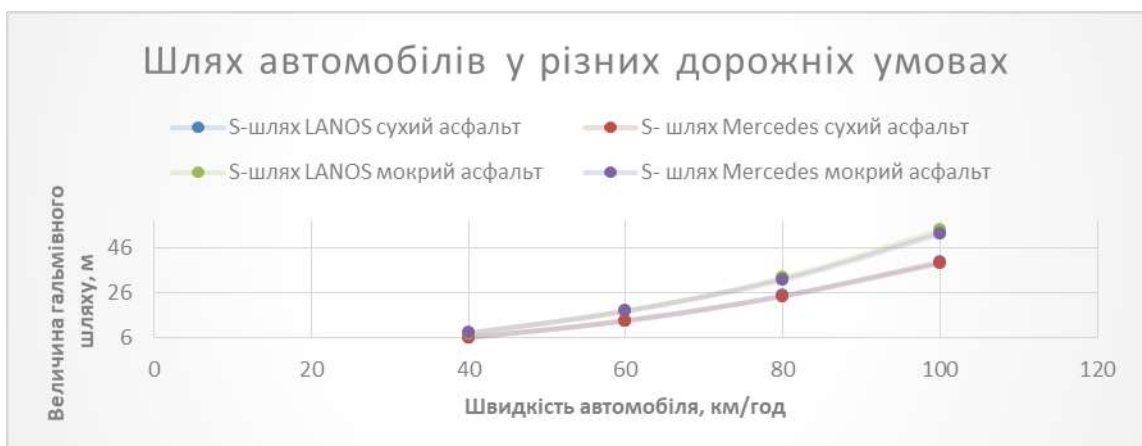
Таблиця 4.1 – Експериментальні результати, отримані на сухому асфальті

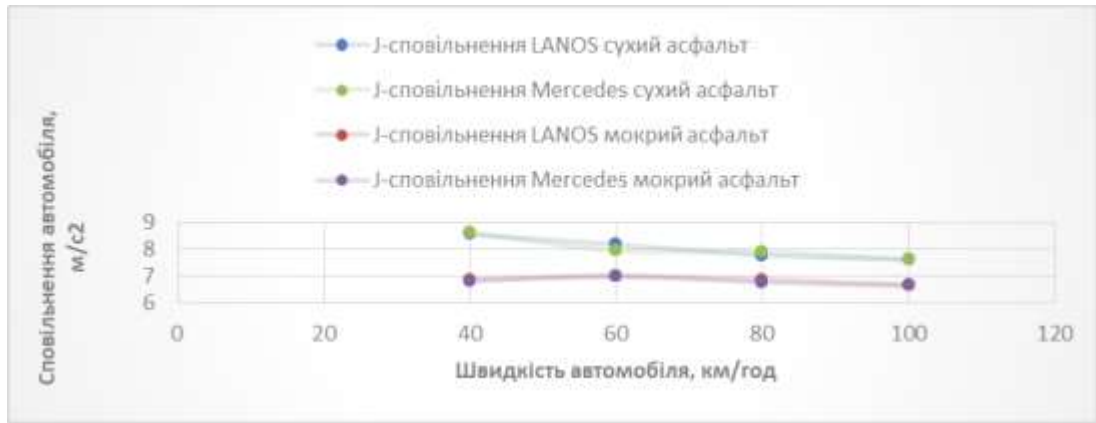
V_0 , км/год	Daewoo Lanos		Mercedes Benz 212D	
	$S_{г\text{ сер.}}$, м	$J_{уст\text{ сер.}}$, м/с ²	$S_{г\text{ сер.}}$, м	$J_{уст\text{ сер.}}$, м/с ²
40	6,34	8,56	6,24	8,63
60	13,83	8,18	13,65	7,95
80	24,78	7,78	24,51	7,91
100	39,64	7,62	39,16	7,61

Таблиця 4.2 – Експериментальні результати, отримані на вологому асфальті

V_0 , км/год	Daewoo Lanos		Mercedes Benz 212D	
	$S_{г\text{ сер.}}$, м	$J_{уст\text{ сер.}}$, м/с ²	$S_{г\text{ сер.}}$, м	$J_{уст\text{ сер.}}$, м/с ²
40	8,18	6,87	8,25	6,81
60	17,88	6,98	18,05	7,01
80	32,65	6,87	31,82	6,76
100	53,64	6,67	52,16	6,64

Згідно з виконаними вимірюваннями на сухому рівному асфальтобетонному покритті значення величини усталеного сповільнення для автомобілів, обладнаних АБС, з урахуванням даних приладів у середньому становить 8,6 м/с², що на 15–25 % перевищує табличні дані 7,5 або 6,9 м/с², які рекомендовано в експертній практиці.





РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Загальні положення

В даний час відбувається інтенсивне удосконалення конструкцій гальмівних систем, підвищення їх надійності та продуктивності. Здійснюється більш часте оновлення моделей, що випускаються, надання їм більш високих споживчих якостей, що відповідають сучасним вимогам. Все це викликає необхідність підвищення професійного рівня автомеханіка. Він повинен мати уявлення про сучасний стан і тенденції розвитку як автомобілебудування в цілому, так і окремих моделей автомобілів, вміти оцінювати технічний стан, щоб потім надійно проводити обслуговування та ремонт автомобілів. Від того, як надійно обслуговується автомобіль, залежить життя і безпеку не тільки власника автомобіля, але і оточуючих. Професія автомеханіка цікава, відповідальна, і затребувана. Під час написання роботи були систематизовані наукові та практичні знання в галузі експлуатації гальмівної системи. У даній роботі були розглянуті рішення з тих чи інших проблем, розглянуті нові методики випробувань і регулювань з метою отримання поліпшених характеристик по надійності, довговічності і економічності .

Операції з технічного обслуговування автомобілів потрібно виконувати в спеціально відведених, обладнаних, огорожених, і позначених місцях (постах.)

Робочі місця і посади, в приміщеннях для ремонту автомобілів повинні забезпечуватися безпечними умовами праці для працюючих і бути відповідним чином захищені. На одного робочого належить не менше 45 квадратних метра і обсягом приміщення не менше 15 кубічних метрів. Ворота робочих приміщень повинні відкриватися назовні, мати фіксатори, теплові завіси, тамбури. Вийзди з виробничих приміщень виконуються з ухилом 5%. Вони не повинні мати порогів, східців, виступів.

Виробничі приміщення повинні відповідати вимогам технічної етики. Так само пости повинні бути забезпечені попереджувальними знаками.

При проведенні всіх робіт, пов'язаних з доглядом за автомобілем і його технічним обслуговуванням, треба строго дотримуватися необхідних заходів безпеки, маючи на увазі, що автомобіль є засобом підвищеної пожежної, екологічної та функціональної небезпеки.

У приміщенні майстерні завжди потрібно підтримувати порядок. Не залишати замаслених ганчірок, здатних викликати самозаймання. Вживаний при роботах інструмент повинен містяться чистому і справному стану.

Техніка безпеки під час проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту є важливим заходом. Від того, як захищений технік при роботі, залежить і якість роботи

5.2 Вимоги безпеки перед технічним обслуговуванням і ремонтом гальмівної системи

1) Привести в порядок робочий одяг і взуття: застебнути рукави, заправити одяг і застебнути його на всі гудзики, надіти головний убір, підготувати захисні окуляри.

2) Оглянути робоче місце, прибрати все, що може перешкодити виконанню робіт або створити додаткову небезпеку.

3) Перевірити освітленість робочого місця (вона повинна бути достатньою, але світло не повинно засліплювати очі).

4) У разі недостатності загального освітлення необхідно застосувати для освітлення робочого місця переносні світильники напругою 12 вольт з ручкою з діелектричного матеріалу, захисною сіткою і виделкою, конструкція якої виключає можливість її підключення в розетку напругою понад 12 вольт.

5) При будь-якому перериві в роботі відключати світильники від мережі штепсельною вилкою.

б) Оберігати світильники від ударів, падінь, влучень в нього бруду і води.

5.3 Вимоги безпеки під час ремонту чи діагностування гальмівної системи

Під час роботи слід користуватися тільки справним інструментом, передбаченим технологічною картою.

При роботі зі слюсарним інструментом забороняється користуватися трубою для подовження важеля при затиску деталі в лещатах.

При роботі з електроінструментом заборонено:

- Користуватися приладом у вибухо-пожежонебезпечному середовищі: при наявності газів, легкозаймистих і горючих рідин.
- Допускати сторонніх осіб до місця проведення робіт.
- Проводити роботи стані будь-якого виду сп'яніння, а також під впливом препаратів, які притуплюють увагу і швидкість реакції.
- Використовувати електроінструмент з несправним вимикачем.
- Використовувати інструмент і комплектуючі, які не рекомендовані виробником даного електроінструменту.
- Включати електроінструмент під час перенесення (переміщення).
- Використовувати мережевий шнур для перенесення електроінструменту і вилучення вилки з розетки.
- Залишати електроінструмент без нагляду.
- Вилки напругою 12 і 42 В не повинні підходити до розеток 127 і 220 В. Штепсельні розетки напругою 12 і 42 В повинні відрізнятися від розеток мережі 127 і 220.

При роботі з пневмоінструментом персонал зобов'язаний:

- підключити гнучкі трубопроводи пневмоінструменту до трубопроводів стисненого повітря тільки через вентиля, встановлені на розподільних коробках або відводах від магістралі;

- подавати повітря тільки після установки інструменту в робоче положення;
- стежити, щоб не було витoku повітря в місцях приєднання гнучкого трубопроводу;
- при роботі з важким пневмоінструментами підвішувати його на спеціальні підвіски;
- вжити заходів для попередження попадання гнучкого трубопроводу під ріжучу частину інструментів;
- при припиненні подачі повітря або тимчасовій перерві в роботі перекрити вентиль повітряної магістралі і вийняти вставний інструмент, а на свердлильних машинах перевести пускову муфту в неробочий стан;
- при тривалих перервах пневмоінструмент укласти в спеціально призначене місце ;
- при появі вібрації, викликаній роботою пневмоінструменту, застосувати гумові підставки;
- в разі зриву гнучкого трубопроводу негайно вимкнути подачу стисненого повітря.

При роботі з пневмоінструментом забороняється:

- приєднувати повітряний шланг до пневмоінструменту при відкритому крані повітряної магістралі;
- гальмувати обертовий шпindel натиском на нього яким-небудь предметом або руками;
- використовувати масу тіла для створення додаткового тиску на інструмент;
- працювати у необгороджених або незакритих постах,
- працювати з переносних драбин та незакріплених підставок;
- самостійно усувати несправності пневматичного інструмент (необхідно здавати його в ремонт);
- переносити його, тримаючи за шланг;
- залишати без нагляду, піддавати його ударам;

- застосовувати підкладки при наявності люфту у втулці;
- тримати за вставною інструмент;
- тримати руки поблизу обертового інструменту;
- припиняти подачу стисненого повітря перекручуванням і перегинанням шланга.

- користуватися погнутими оправками, шпинделями і шпильками, а також забитими шайбами;

Забороняється при ремонті гальмівної системи автомобіля:

- Допускань підтікання палива або масла з агрегатів автомобіля. Пролите паливо або масло необхідно відразу ж прибрати за допомогою піску або тирси.

- Миття знятих агрегатів і деталей автомобіля слід проводити в строго встановленому місці.

- Курити на території підприємства дозволяється тільки в спеціально відведених для цих цілей місцях.

- Забруднену паливно-мастильними матеріалами спеціальний одяг слід своєчасно здавати в хімчистку (прання).

- працювати в одязі, облитим паливом;

- підходити до відкритого вогню, курити і запалювати сірники, якщо руки і одяг облитий паливом;

- користуватися бензином для прання одягу, миття рук, відмивання стін і підлоги;

- зберігати на робочому місці промаслений обтиральний матеріал, легкозаймисті речовини, крім призначених для цієї мети металевих ящиків з кришками;

- застосовувати саморобні нагрівальні електроприлади.

5.4 Організація робочого місця і техніка безпеки

Робоче місце - це частина виробничої площі, закріпленої за даним робочим (бригадою). З усім необхідним обладнанням, інструментом, матеріа-

лами та приладдям, які робочі застосовують для виконання виробничих завдань.

На пости робочих місць повинні надходити ретельно вимиті деталі; Слюсарно-монтажні інструменти, застосовувані на постах, повинні бути справними. Не допускається використання ключів зі зношеними гранями і невідповідних розмірів, застосування важелів для збільшення плеча гайкових ключів, а також застосування зубил і молотка для відкручування гайок. Рукоятки викруток, напилків, ножівок і так далі повинні бути виготовлені з пластмаси або дерева, мати гладку, рівно спустошену поверхню. Дерев'яні рукоятки щоб уникнути розколювання повинні мати металеві кільця.

Оглядові канави повинні мати направляючі запобіжні борти і знаходитися в чистоті. Невикористовані оглядові канави повинні бути обгороджені або закриті. Автомобілі повинні в'їжджати на канаву, коли в ній немає людей. При постановці автомобіля на пост технічного обслуговування або ремонту необхідно на рульове колесо повісити табличку з написом: "Двигун не пускати - працюють люди!". Автомобіль при цьому повинен бути загальмований ручним гальмом і включенням першої передачі в коробці передач. При обслуговуванні автомобіля, встановленого на підйомнику, необхідно на механізмі управління підйомником укріпити табличку з написом: "Не чіпати - під автомобілем працюють люди!". Щоб уникнути мимовільного опускання гідравлічного підйомника потрібно після підйому автомобіля відкинути запобіжні стійки або вставити штирі в отвори запобіжних труб, що висувуються разом з плунжерами.

При підйомі і транспортуванні агрегатів не можна знаходитися під піднятими частинами автомобіля. Забороняється знімати, встановлювати і транспортувати агрегати тросом і канатами без спеціальних захватів. Візки для транспортування повинні мати стійки і упори, що захищають агрегати від падіння і переміщення по візку.

Для огляду автомобіля застосовують переносні безпечні електролампи напругою до 36 вольт з запобіжними сітками, при роботі в оглядових канавах напруга не повинна перевищувати 12 вольт.

Ручні електроінструменти (дрилі, гайковерти) треба приєднувати до мережі тільки через штепсельні розетки із заземлюючим контактом. Провід електроінструментів потрібно підвішувати, не допускаючи дотику їх з підлогою. Приймання автомобіля на ходу і перевірку гальм слід виробляти поза приміщенням; пускати двигун і рушати з місця дозволяється тільки після отримання сигналу від робітника, що виробляє регулювання.

При використанні для підйому автомобіля підйомника дотримуйтесь наступних вимог безпеки:

- до самостійної роботи з вивішування автомобіля і роботі під ним допускаються особи, які отримали вступний інструктаж і первинний інструктаж на робочому місці з охорони праці і навчені безпечним методам роботи.

- Працівник, який не пройшов своєчасно повторний інструктаж з охорони праці (Не рідше 1 разу на 3 місяці) не приступить до роботи.

- Під час підйому-опускання автомобіля забороняється перебувати поруч з ним, щоб уникнути нещасного випадку. Якщо виникла небезпека падіння автомобіля, негайно покиньте небезпечну зону

- Правильно розташовуйте на підйомнику центр ваги автомобіля, щоб уникнути його падіння.

- Бережіть ноги, щоб не притиснути їх лапами підйомника або колесами автомобіля при опусканні.

- Не застосовуйте надмірного зусилля до органів управління підйомником.

- Вивішування частини автомобіля слід проводити підйомниками, домкратами або іншими підйомними засобами.

- При обслуговуванні автомобіля на підйомнику (гідравлічному, електромеханічному) на пульті управління підйомника повинна бути вивішена табличка з написом: «Не чіпати - під автомобілем працюють люди!».

- Не допускайте надмірного розгойдування автомобіля на підйомнику. Лапи підйомника встановлюйте тільки під ті місця, які для цього призначені. Силкові елементи кузова в цих місцях спеціально потовщені і мають підвищену міцність.

- При знятті важких вузлів і агрегатів з автомобіля, що знаходяться на підйомнику, встановіть додаткові опори.

При вивішуванні автомобіля і роботі під ним необхідно знати і пам'ятати, що нещасні випадки найбільш частіше можуть відбуватися при:

- неправильному встановленню домкрата або лап в процесі вивішування автомобіля;

- додатковому підйомі другим домкратом частково вивішеного автомобіля;

- роботі під вивішеними, але ненадійно закріпленими автомобілями;

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В сучасних автомобілях ефективність гальмування забезпечується антиблокувальною системою коліс транспортного засобу (АБС). Розглянуто особливості будови класифікацію та принцип дії сучасних АБС.

Розглянута модель деформаційного проковзування колеса з пружною шиною по твердому дорожньому покриттю. Виявлено, що в процесі деформаційного проковзування, за рахунок розтягування матеріалу шини, при наявності проковзування колеса відсутні сліди його блокування при гальмуванні.

Розглянуто моделювання процесу зміни проковзування колеса при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС. Теоретичний аналіз даного процесу дозволяє оцінити стійкість і керованість колеса в кожній фазі екстремого гальмування автомобіля.

Розглянута методика оцінки працездатності гальмівної системи легкових автомобілів, обладнаних АБС, в дорожніх умовах. Наведено нормативні параметри, за якими проводиться оцінка працездатності гальмівної системи. Прописані умови проведення випробувань і спроектована схема майданчика дорожніх випробувань.

Розглянутий датчик для вимірювання швидкості автомобіля, за результатами обробки даних датчика можна визначити усталене сповільнення і гальмівний шлях автомобіля. Також за допомогою датчика визначається рівень проковзування коліс автомобіля. Відносна похибка вимірювання сталого уповільнення становить 2,8%, при нормативному значенні рівному 4%.

Розглянуто пристрій для вимірювання кутової швидкості колеса. Знаючи швидкість колеса можна визначити працездатність АБС, тобто з'ясувати відбувалося в процесі гальмування блокування коліс чи ні. Використавши дані з датчика для вимірювання швидкості автомобіля і пристрої для вимірювання кутової швидкості колеса, визначається ступінь проковзування коліс автомобіля. Відносна похибка вимірювання швидкості становить 1,4%, при нормативному значенні рівному 2,5%.

Наведені результати випробування автомобіля Daewoo Lanos та Mercedes-Benz 212D. За результатами обробки даних можна зробити висновок, що АБС справна, а розроблений комплекс дозволяє оцінити працездатність гальмівної системи та відповідає європейським нормам по величині гальмівного шляху та сповільненню у процесі гальмування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гальмівна система. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>. (Дата звернення 11.10.2020).
2. Кісляков В.Ф., Лущик. В.В. Будова і експлуатація автомобілів: підручник. К.:Либідь, 1999. 400 с.
3. Клименко В.І., Клименко В.І., Давиденко І.А., Сараєв О.В. . Дослідження впливу антиблокувальної системи на ефективність гальмування легкового автомобіля / Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. Х.: ХНАДУ.2011. Вып. 29. С. 245.
4. Підгородецький Я.І., Сичевський М.І., Домінік А.М. Автомобільні транспортні засоби / Я.І. Підгородецький. Львів: Видавництво ЛДУ БЖД, 2013. 316 с.
5. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. К.: Мінтранс України, 1998.16 с.
6. Сараєв О.В. Проблемні питання визначення параметрів руху транспортних засобів при дослідженні ДТП: Вестник ХНАДУ: сб. научн. тр. Х.: ХНАДУ. 2013. Вып. 61.174с.
7. Bosch. Automotive Handbook. 5th Edition//Robert Bosch GmbH, 2000, S. 992.
8. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: Навчальний посібник. К.: Арістей, 2007. 288 с.
9. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л., Пельо Р.А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник. Львів: Афіша, 492 с.
10. Вітчизняні АБС на шляху до споживача / Видавництво Автомобільна промисловість. 1996.№9.

11. Максимов В.Г. Загальні принципи діагностування електронних систем автомобіля / В.Г. Максимов — О,: Наука і техніка, 2012.— 392с.
12. Діагностування електронних систем автомобіля (базовий прилад - тестер KTS 570) : метод. посіб. / Г.О. Оборський, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич [та ін.]; за ред. О.Ф. Дащенко — О,: Наука і техніка, 2012.— 186с.
13. Засоби та методи діагностування систем автомобіля в умовах станції технічного обслуговування (базовий прилад - комплекс FSA-740) : метод. посіб. / Г.О. Оборський, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич [та ін.]; за ред. М.Б. Копитчука — О,: Наука і техніка, 2012.— 188с.
14. Максимов В.Г. Основи методів діагностування електронних систем керування автомобілем. / В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич, І.А. Дрома / Праці Одеського політехнічного університету, 2013. Вип. 3(42).— с. 60-65.
15. Барановський В.М. Роль і місце технічного діагностування в системі технічної експлуатації автомобілів в сільському господарстві / В.М. Барановський, А.В. Спірін, Ю.А. Полевода, І.В. Твердохліб // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2018. – Випуск 1 (100). – С. 24-28.
16. Анісімов В.Ф. Випробування автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання / В.Ф. Анісімов, А.А. П'ясецький. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. - 41 с.
17. Канарчук В.Є., Дудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.
18. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підруч. /Лудченко О.А. - К.: Знання, 2007. - 527с.
19. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. - К.: Мінтранс України, 1998. -16 с.

20. Основи діагностики автомобіля: Навчально-методичний посібник до практичних та самостійних робіт студентів вищих навчальних закладів України / Укладачі: Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Клімов О.М. – Чернігів: ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка, 2013. – 188 с.