

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно- дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту
ім. М.Я. Говорущенко

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
магістра

Вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем
керування процесом гальмування легкових автомобілів

Завідувач кафедри, проф. д.т.н.



Володимир ВОЛКОВ

Нормоконтролер, доц., к.т.н.



Ігор МАРМУТ

Керівник, доц., к.т.н.



Олександр НАЗАРОВ

Студент гр. А-61-24



Олександр РЕБРОВ

Харків, 2025

ХНАДУ

Факультет автомобільний

Кафедра Інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. М.Я. Говорущенка

Освітній рівень другий - магістр

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
професор В.П.Волков

« » 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Реброву Олександрові Євгенійовичу

1. *Тема роботи:* «Вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування легкових автомобілів»
Керівник роботи Назаров Олександр Іванович, канд. техн. наук, доц.
затверджена наказом ректора ХНАДУ від «8» жовтня 2025 р. № 155

2. *Строк подання студентом роботи:* 10 грудня 2025 р.

3. *Вихідні дані до роботи:*

- літературні джерела з діагностування основних компонентів електронних систем керування легкових автомобілів;
- матеріали розробок з ТМНТ;
- матеріали виробничої практики.

4. *Перелік питань, які потрібно розробити:*

ВСТУП

1. Аналіз сучасних систем керування рухом транспортного засобу.
2. Обґрунтування умов функціонального застосування електронних гальмівних систем сучасних легкових автомобілів.
3. Вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування.

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

5. *Перелік ілюстративного матеріалу (з точним вказанням обов'язкових креслень)*

1. Постановка задач дослідження.
- 2, 3, 4. Аналіз застосування електронних інформаційних систем на сучасних легкових автомобілях.
- 5, 6. Дослідження курсової стійкості та керованості легкового автомобіля за допомогою електронної системи керування рухом при гальмуванні;
7. Обґрунтування умов функціонального застосування електронних гальмівних систем сучасних легкових автомобілів.

8, 9. Вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування.

10. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-------------|---|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Всі розділи | Доцент Назаров О.І. | | |

7. Дата видачі завдання 5.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Найменування розділів плану виконання кваліфікаційної роботи студента | Термін виконання розділів роботи | Примітка |
|---|----------------------------------|----------|
| 1. Актуальність теми. | 01.09.2025-10.09.2025 | Вик. |
| 2. Дослідження сучасних систем керування рухом транспортного засобу. | 11.09.2025-20.09.2025 | Вик. |
| 3. Обґрунтування умов функціонального застосування електронних гальмівних систем автомобілів | 21.09.2025-10.10.2025 | Вик. |
| 4. Оцінка ефективності електронних гальмівних систем з урахуванням функціональної стабільності елементів | 11.10.2025-10.11.2025 | Вик. |
| 5. Вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування | 11.11.2025-25.11.2025 | Вик. |
| 6. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу | 26.11.2025-09.12.2025 | Вик. |
| 7. Затвердження роботи | 10.12.2025 | Вик. |

Студент

Ребров О.Є.

Керівник роботи

Назаров О.І.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 90 с., 10 рис., 15 джерел, 1 додаток.

ЛЕГКОВИЙ АВТОМОБІЛЬ, СУЧАСНІ ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, ЕЛЕКТРОННІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, ДИСТАНЦІЙНА ЕЛЕКТРОННА ДІАГНОСТИКА, ГАЛЬМОВА СИСТЕМА

Об'єкт дослідження – процес дистанційної електронної діагностики систем легкових автомобілів в процесі експлуатації.

Мета роботи – вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування легкових автомобілів.

Завданням роботи є побудова алгоритму технічного обслуговування та з'ясування можливості з використанням інструментів дистанційної електронної діагностики, а також з використанням статистичних даних та дистанційних систем діагностики перехід від планово-попереджувальної стратегії ТО і ремонту до адаптивної стратегії з безперервним контролем за технічним станом автомобіля.

Методи дослідження - в кваліфікаційній роботі використовувалися методи математичного моделювання та теоретичного аналізу.

Показано, що алгоритм технічного обслуговування автомобіля спирається більшою мірою на затвержені регламенти технічного обслуговування автомобіля, але не враховує особливостей його експлуатації та ремонту, що в свою чергу, знижує ефективність проведення технічного обслуговування. Доведено, що застосування методів дистанційної електронної діагностики в процесі технічного обслуговування дає змогу підлаштовувати графік і регламент технічного обслуговування та перейти від планово-попереджувальної до адаптивної стратегії ТО і ремонту.

ABSTRACT

Thesis: 90 p., 10 rice, 15 Sources, 1 appendix.

PASSENGER CAR, MODERN ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS,
ELECTRONIC INFORMATION SYSTEMS, DIAGNOSTICS, BRAKE SYSTEM

The object of the study is the process of remote electronic diagnostics of passenger car systems during operation.

The purpose of the work is to build a new algorithm for passenger car maintenance using remote electronic diagnostics tools.

The task of the work is to build a maintenance algorithm and clarify the possibility of using remote electronic diagnostics tools, as well as using statistical data and remote diagnostic systems, to transition from a planned and preventive maintenance and repair strategy to an adaptive strategy with continuous monitoring of the technical condition of the car.

Research methods - the qualification work used methods of mathematical modeling and theoretical analysis.

It is shown that the car maintenance algorithm relies to a greater extent on the approved maintenance regulations of the car, but does not take into account the features of its operation and repair, which in turn reduces the efficiency of maintenance. It is proven that the use of remote electronic diagnostics methods in the maintenance process makes it possible to adjust the maintenance schedule and regulations and switch from a planned and preventive to an adaptive maintenance and repair strategy.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ | 7 |
| 1. Аналіз сучасних систем керування рухом транспортного засобу | 10 |
| 1.1 Аналіз функціонування елементів гальмівної системи сучасного транспортного засобу | 10 |
| 1.2 Вплив систем активної безпеки сучасних автомобілів на процес гальмування | 15 |
| 1.3 Система розподілу гальмівної сили | 17 |
| 1.4 Система управління гальмуванням двигуном | 22 |
| 1.5 Активна система контролю тяги | 25 |
| 1.6 Система екстреного гальмування | 28 |
| 1.7 Система динамічної стабілізації | 32 |
| 1.8 Висновки до розділу 1 | 35 |
| 2. Обґрунтування умов функціонального застосування електронних гальмівних систем сучасних легкових автомобілів | 37 |
| 2.1 Забезпечення стабільності осьових гальмівних моментів | 38 |
| 2.2 Аналіз факторів, що визначають стабільність роботи гальмівного привода | 40 |
| 2.3 Вплив стабільності розподілу гальмівних зусиль | 41 |
| 2.4 Вплив конструкцій систем керування рухом автомобіля | 42 |
| 2.5 Оцінка ефективності гальмівних систем | 43 |
| 2.6 Оцінка стабільності гальмівних механізмів | 46 |

| | |
|---|----|
| 2.7 Вплив нерівномірного розподілу гальмівних зусиль між осями | 50 |
| 2.8 Висновки до розділу 2 | 52 |
| | |
| 3. Вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування | 53 |
| 3.1 Вибір діагностичного обладнання та програмне забезпечення діагностики електронних систем автомобілів | 53 |
| 3.2 Діагностика та обслуговування ЕБУ двигуна | 59 |
| 3.3 Діагностика та обслуговування систем керування трансмісією автомобіля | 61 |
| 3.4 Діагностика та обслуговування електронних систем управління підвіскою автомобіля | 67 |
| 3.5 Діагностика та обслуговування електронних систем управління гальмами автомобіля | 70 |
| 3.6 Вдосконалення процесу технічного обслуговування автомобілів з використанням дистанційної електронної діагностики | 80 |
| 3.7 Висновки з розділу 3 | 85 |
| Висновки | 86 |
| Перелік посилань | 88 |
| Додаток А. Ілюстративні матеріали до магістерської роботи | 90 |

ВСТУП

Актуальність теми. Наявність в автомобілів великої кількості різноманітних електронних блоків керування дає змогу користуватися параметрами роботи його систем, які збирають і обробляють отриману діагностичну [3-7]. Отже, щоб найефективніше використовувати цю інформацію, необхідно адаптувати процес технічного обслуговування автомобілів під сучасний рівень розвитку автомобільних електронних систем.

Останнім часом ведуться активні дослідження з впровадження інновацій в сфері дистанційної електронної діагностики автомобіля. Розробляється програмне забезпечення для комп'ютерної електронної діагностики автомобіля [5-7], удосконалюються відповідні діагностичні пристрої. Все частіше технології, що до цього використовувалися тільки в автоспорті і вважалися надскладними, застосовуються у виробництві легкових автомобілів для повсякденного вжитку.

Проводяться активні дослідження у сфері дистанційної діагностики [8-15] відомими світовими виробниками автомобільної електроніки та телеметричних систем для автоспорту, такими як Magneti Marelli та TEXA.

Подальшої розробки набувають пристрої, що забезпечують дистанційний обмін даними між автомобілем та сервісним центром [3-5].

Проте, слід сказати, що такі дослідження ведуться умовно за двома окремими напрямками: електронна діагностика автомобіля [3, 5, 7] та процеси технічного обслуговування [9-15], а загальна стратегія, що

використовується у ТО та ремонту, переважно має планово-попереджувальний характер.

В сучасних умовах експлуатації та сучасних можливостях електронної діагностики, зокрема дистанційної, це є недоцільним. Крім того, дослідження в сфері електронної діагностики не охоплюють можливості її глибокої інтеграції в технічне обслуговування автомобіля.

Завданням роботи є побудова алгоритму технічного обслуговування та з'ясування можливості з використанням інструментів дистанційної електронної діагностики, а також з використанням статистичних даних та дистанційних систем діагностики перехід від планово-попереджувальної стратегії ТО і ремонту до адаптивної стратегії з безперервним контролем за технічним станом автомобіля.

Таким чином, дослідження компонентів сучасних систем гальмування, яке повністю контролюється електронними блоками керування, є актуальною науково-технічною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційна робота пов'язана із реалізацією тематичного плану наукових робіт кафедри ТЕСА ХНАДУ на 2025 р. «Інноваційні рішення для підвищення ефективності діагностування автомобільних систем».

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування легкових автомобілів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати вплив електронних систем керування рухом

транспортного засобу на гальмування;

- обґрунтувати умови функціонального застосування електронних гальмівних систем автомобілів;

- вдосконалити методику діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування.

Об'єкт дослідження – процес дистанційної електронної діагностики систем легкових автомобілів в процесі експлуатації.

Предмет дослідження – побудова алгоритму технічного обслуговування легкових автомобілів з використанням інструментів дистанційної електронної діагностики.

Методи дослідження. В кваліфікаційній роботі використовувалися методи математичного моделювання та теоретичного аналізу.

Апробація результатів роботи. Основні результати кваліфікаційної роботи доповідалися і обговорювалися на:

- міжнародній науково-практичній конференції «Новітні технології розвитку автомобільного транспорту» кафедри ТЕСА, 30-31 жовтня 2025 р., Харків, ХНАДУ [1];

- за матеріалами I-ої Міжнародної науково-практичної конференції «EUROPEAN SCIENCE AND INNOVATION CONGRESS», 8-10.12.2025, Барселона, Іспанія [2].

Публікації. Основні положення кваліфікаційної роботи у вигляді статті викладено на сайті автомобільного факультету ХНАДУ.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

1.1 Аналіз функціонування елементів гальмівної системи сучасного транспортного засобу

1.1.1 Вплив антиблокувальних гальмівних систем

В даний час антиблокувальна гальмівна система (ABS) зазвичай є частиною більш складної електронної гальмівної системи, яка може включати систему контролю тяги, електронну систему контролю стабільності та систему допомоги при екстремому гальмуванні легкових автомобілів (рис. 1.1) [9, 10].

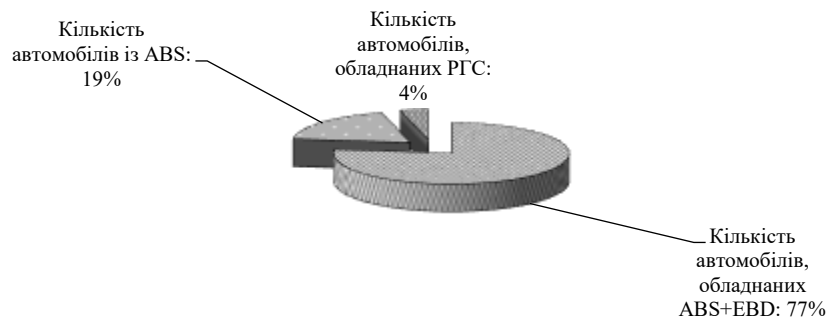
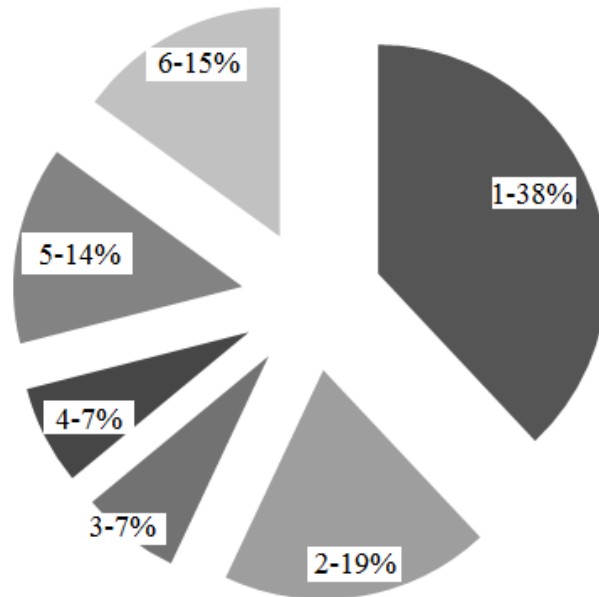


Рисунок 1.1 – Розподіл легкових автомобілів за застосуванням електронних систем керування



1 – несправності гальмівної системи; 2 – несправності рульового керування; 3 – несправності ходової частини; 4 – несправності система освітлення і сигналізації; 5– знос шин; 6 – інші несправності

Рисунок 1.2 - Розподіл електронних систем керування за діагностикою

ABS складається з таких основних компонентів:

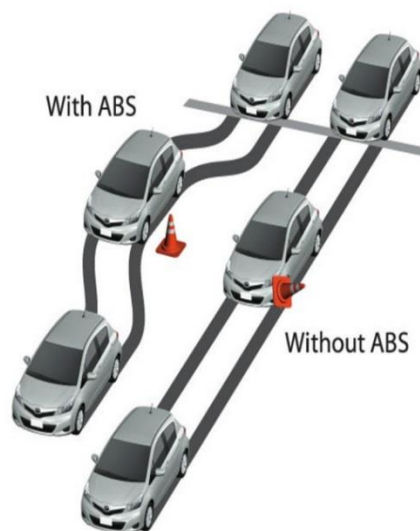
- датчики швидкості або прискорення (сповільнення), встановлені на маточинах коліс автомобіля;
- керуючі клапани, які є елементами модулятора тиску, встановленого в магістралі головної гальмівної системи;
- блок управління, який отримує сигнали від датчиків і керує роботою клапанів.

Після початку гальмування ABS починає безперервно і досить точно визначати швидкість обертання кожного колеса.

Якщо якесь колесо починає обертатися значно повільніше за інші (що означає, що колесо близьке до блокування), клапан у гальмівній магістралі обмежує гальмівну силу на цьому колесі. Як тільки колесо починає обертатися швидше за інші, гальмівна сила відновлюється.

Цей процес повторюється кілька разів (або кілька десятків разів).

У більшості випадків наявність ABS дозволяє досягти значно коротшого гальмівного шляху, ніж без неї, крім того, ABS дозволяє водієві зберегти контроль над транспортним засобом під час екстреного гальмування, тобто є можливість зробити досить швидке гальмування. гострий маневри безпосередньо протягом гальмування. Така комбінація з ці два фактори роблять ABS дуже значною перевагою в активній безпеці транспортних засобів (рис. 1.1).



а) з ABS; б) без ABS

Рисунок 1.1 - Схема керування автомобілем з ABS [10]

Ефективність гальмування може бути порівнянна з ефективністю одноканальної системи ABS.

Багатоканальні системи в будь-якому випадку мають ту перевагу, що вони можуть контролювати гальмівну силу на кожному окремому колесі, що забезпечує не тільки ефективне уповільнення, але й стабільність поведінки автомобіля в складних умовах нерівномірного зчеплення коліс з дорожнім покриттям.

Крім того, деякі типи ABS мають спеціальний алгоритм гальмування для нестійких поверхонь, що призводить до багаторазового короткочасного блокування коліс. Ця техніка гальмування дозволяє досягти ефективного уповільнення без втрати контролю, як при повному блокуванні.

Тип поверхні може бути встановлений водієм вручну або може бути виявлений системою автоматично шляхом аналізу поведінки автомобіля або за допомогою спеціальних датчиків для визначення поверхні дороги.

Якщо на автомобілі без антиблокувальної системи гальм (ABS) різко натиснути та утримувати педаль гальма, ймовірно, одне або декілька коліс будуть заблоковані до повної зупинки автомобіля, що призведе до неконтрольованого заносу та втрату керування транспортним засобом.

Система ABS робить це за водія автоматично. Коли автомобіль з ABS починає різко гальмувати, електроніка не дозволяє колесам блокуватися [9, 10].

Чотириканальна система ABS складається з таких основних компонентів [10]: датчиків швидкості для кожного колеса, електронного керування гідравлічною гальмівною системою, насоса для відновлення тиску в гідравлічній гальмівній системі та електронного блоку ABS.

Коли електронна система помічає, що одне колесо починає обертатися швидше, ніж інші колеса, що може призвести до його блокування, система запобігання цьому починає гальмувати за допомогою електронної системи та негайно різко гальмує, тим самим уповільнюючи швидке обертання колеса без ризику його блокування.

Багато інших систем безпеки транспортних засобів, таких як стабілізація та контроль тяги, використовують частини системи ABS для своєї роботи. Наприклад, датчики швидкості ABS, встановлені на колесах, та електронно керована гідравлічна гальмівна система використовуються для підтримки стійкості автомобіля. Переважна більшість сучасних автомобілів мають ABS як стандартну функцію [9].

Всупереч поширеній думці, що ABS скорочує гальмівний шлях автомобіля, система не скорочує гальмівний шлях, але забезпечує безпеку водія під час різкого гальмування, захищаючи транспортний засіб від неконтрольованого та некерованого заносу, тобто підвищує курсову стійкість та керованість.

Антиблокувальна система гальм використовується не тільки для створення умов безпеки при різкому гальмуванні. Пристрій ABS також використовують у системі контролю тяги TCS при прискоренні автомобіля.

Якщо шина втрачає зчеплення при збільшенні швидкості, ABS виявляє цю ситуацію і вживає відповідних заходів для відновлення зчеплення.

Щоб система ABS працювала ефективно, слід застосовувати інструменти, необхідні обслуговування гальмівної системи [11].

За необхідності заміни окремих компонентів системи ABS їх краще

купувати у надійного постачальника. У Inter Cars Web Shop можна застосовувати всі компоненти, які дозволять водієві підтримувати систему ABS автомобіля у належному стані.

Технічне обслуговування [11] гальмівної системи дуже важливе для правильного функціонування системи ABS.

Однією з найбільших загроз є повітря у системі.

Недотримання рекомендацій може призвести до перегріву компонентів гальмівної системи та утворення пари у її внутрішній частині. Іноді це призводить до провалу педалі гальма, тобто до повної відмови в роботі гальмівної системи.

Крім того, виникають проблеми, пов'язані із корозією. Якщо гальмівну рідину не змінювати регулярно, іржа може вразити окремі частини гідравлічної системи.

Вибір правильної гальмівної рідини для заміни має вирішальне значення для правильної роботи системи ABS.

Серед найбільш поширених причин – несправність датчика швидкості обертання коліс, з'єднувальних кабелів, несправність насоса ABS або проблеми з гідравлічним клапаном [12].

1.2 Вплив систем активної безпеки сучасних автомобілів на процес гальмування

1.2.1 Функція системи курсової стійкості

ESP - це система активної безпеки, яка допомагає водію зберігати

контроль над автомобілем у критичних ситуаціях [9], запобігаючи заносу та ковзання шляхом автоматичного підгальмовування окремих коліс та/або зниження тяги двигуна.

Вона допомагає уникнути втрати керування при різких маневрах або русі на слизькій поверхні, стабілізуючи машину та повертаючи її на задану траєкторію. [5].

Сучасні автомобілі практично кожної моделі можуть бути оснащені системою стабілізації (рис. 1.2), якщо не базової версії, то хоча б, як опція.

Машини будь-якої марки та класу можуть комплектуватися ESP і колишнього зв'язку з вартістю транспортного засобу вже немає.



Рисунок 1.2 – Схема блоку ESP

Система стабілізації тісно взаємопов'язана з ABS, навіть без антиблокувальної системи неможлива робота ESP.

Крім того, в процесі стабілізації беруть участь антипробуксовочна

система та блок керування двигуном. По суті, це єдина система, що працює комплексно (рис. 1.3).

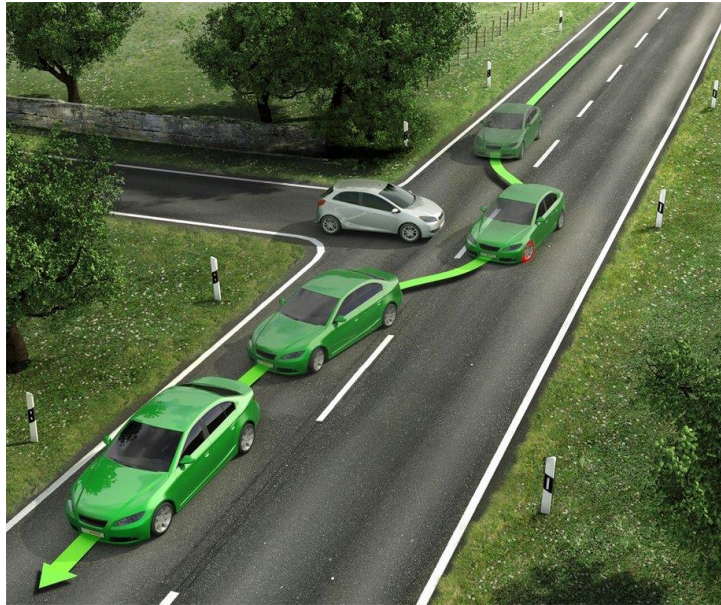


Рисунок 1.2 – Схема роботи ESP

1.3 Система розподілу гальмівної сили

Система розподілення гальмівного зусилля ([англ.](#) *Electronic brakeforce distribution*, (EBD, EBV, REF)) – продовження розвитку системи [ABS](#) [13].

EBD принципово відрізняється від базової ABS, в тому що допомога водію в керуванні здійснюється постійно, а не тільки коли відбувається екстрене гальмування.

При різкому гальмуванні на неоднорідному покритті авто починає розвертати. Це відбувається за-рахунок того, що ступінь зчеплення коліс з дорогою різна, а гальмівне зусилля надається однакове.

Система EBD, використовуючи датчики ABS, аналізує стан кожного колеса при гальмуванні і суто індивідуально дозує гальмівне зусилля для кожної осі або напівосі (в залежності від різновиду системи).

Також під час гальмування під дією інерції вага автомобіля переноситься на передні колеса і задні втрачають потрібний рівень зчеплення з дорожнім покриттям, тому задні колеса можуть заблокуватись. Інженери вирішують цю проблему двома способами: автоматичним регулюванням тиску гальмівних колодок на ротори або зменшенням розміру ротору гальм задніх коліс.

У деяких автомобілях система також зберігає курсову стійкість при гальмуванні в повороті, коли центр маси переноситься в сторону коліс які рухаються по зовнішньому радіусі, а колеса на стороні внутрішнього радіуса втрачають зчеплення з дорожнім покриттям. В цьому випадку гальмівне зусилля розподіляється не тільки між осями, але і між напівосями (незалежними колесами).

Така ж схема використовується при гальмуванні в поворотах. EBD створює умови для того, щоб автомобіль був більш передбачуваним і керованим при гальмуванні, а отже, і безпечнішим.

Електронна система розподілу гальмівної сили (EBD) є скоріше превентивним заходом безпеки [13].

Як при екстремому, так і при робочому гальмуванні не всі колеса потребують однакової сили гальмівної системи, оскільки кожне колесо

зазнає різного обертового навантаження.

Розглянемо найпоширеніший варіант гальмування (рис. 1.3: пряма дорога, на якій необхідно загальмувати перед стоп-лінією).

У цьому випадку під час гальмування нормальні реакції на колесах передньої осі автомобіля збільшуються, а на задніх колесах зменшуються. Тому, чим більше навантаження на передні колеса, тим менший ризик їх блокування.

Отже, в автомобілях без (EBD) розподільний клапан в гідравлічній системі розподіляє більшу гальмівну силу на передні колеса, оскільки через навантаження на передні колеса під час гальмування для зупинки автомобіля потрібно більше сили, ніж для задніх коліс.

Без електронної системи розподілу гальмівної сили гальмівна сила під час гальмування розподіляється незалежно від перерозподілу нормальних реакцій на колесах передньої і задньої осей.

І слід зазначити, що зростання нормальної реакції на колесах передньої осі в цьому випадку буде більшим, ніж це необхідно відповідно до умов тяги.

Під час проходження поворотів зростання нормальних навантажень на колеса автомобіля зміщується в протилежному напрямку від кута повороту, що створює ризик ковзання коліс, які мають менше нормального навантаження.

EBD здатна розподіляти необхідну гальмівну силу на кожне колесо автомобіля. Вона може контролювати швидкість, прискорення, уповільнення кожного колеса, щоб точно визначити, яка гальмівна сила необхідна для рівномірного і стабільного гальмування, виходячи з

швидкості руху.

Деякі електронні системи розподілу гальмівної сили можуть контролювати кут повороту керма і кут повороту (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Схема керування автомобілем з EBD [13]

Конструкція класичної EBD базується на встановленій на автомобілі ABS. Вона включає три елементи: датчики, які реєструють кутову швидкість коліс (для цього використовуються вже наявні датчики ABS); електронний блок управління, який обробляє дані з датчиків обертання і спідометра, контролює клапани, які регулюють тиск рідини в робочих циліндрах; гідравлічний блок.

EBD використовує гідравліку ABS, яка змінює тиск в системі, ґрунтуючись на сигналах, що надходять від блоку управління [13].

Навантаження, що припадають на кожне з коліс, як і коефіцієнт їх зчеплення з дорогою, відрізняються.

Аналогічний ефект спостерігається при гальмуванні в зтяжному

повороті, коли машина крениться і зростає навантаження на колеса з зовнішньої сторони траєкторії.

Ще гірше, коли колеса наїжджають на різнорідне покриття (асфальт, пісок, сніг або лід). У цьому випадку ймовірність зійти з курсу і втратити керованість близька до 100%.

Проблему вирішує електроніка, яка встановлює оптимальний режим гальмування окремо для кожного колеса.

Датчики обертання, встановлені на маточинах, разом із показаннями спідометра надходять в електронний блок управління. Він вирішує відразу кілька завдань: визначає момент прослизання колеса (блокування гальм); змінює тиск робочої рідини в циліндрах, розподіляє гальмівні зусилля в залежності від зчеплення коліс з дорожнім покриттям; зберігає курсову стійкість авто незалежно від впливу сил з боковим вектором програми; зменшує ймовірність занесення при гальмуванні, в тому числі в повороті.

Робочий цикл системи EBD аналогічний дії ABS. Він складається з 4 етапів: ЕБУ аналізує і порівнює гальмівні зусилля і, при досягненні заздалегідь визначених параметрів, що включає алгоритм дій, прописаний в постійній пам'яті.

Система EBD безперервно контролює зусилля гальмування коліс і компенсує перерозподіл маси і неоднорідність поверхні дорожнього покриття.

Електронний розподіл гальмівних зусиль максимально ефективно використовує потенціал гальмування незалежно від мінливих зовнішніх факторів. Однак, як і класична антиблокувальна система, EBD погіршує гальмування на шипованих шинах, заважаючи шипам врзатися в поверхню

льоду, снігу або бруду.

EBD доповнює антиблокувальну систему, роблячи її роботу більш комфортною і ефективною.

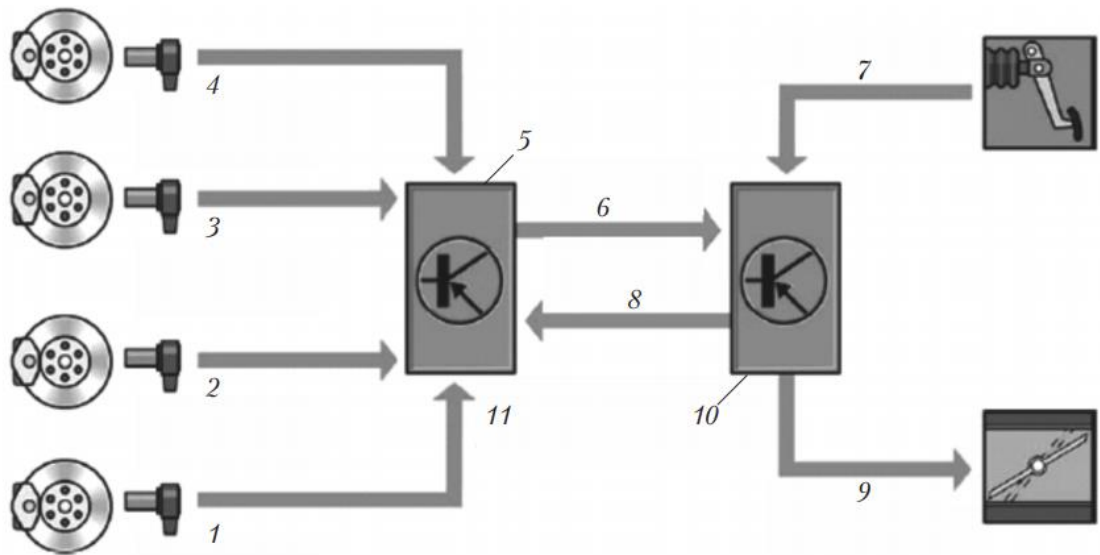
1.3 Система управління гальмуванням двигуном

MSR (Motor Schleppmoment Regelung) - це система управління гальмуванням двигуном [14]. MSR - це пристрій, що використовується виключно на передньоприводних дизельних автомобілях для запобігання блокуванню передніх коліс, яке може статися під час раптового відпускання педалі акселератора або під час раптового гальмування на передачі.

Система MSR виконує свої функції, впливаючи на систему управління високонапірним паливним насосом дизельного двигуна. Ефект полягає в збільшенні швидкості обертання колінчастого вала двигуна.

Вона частіше допомагає водієві на слизьких дорогах, хоча може також вмикатися в нормальному режимі руху. Система взаємодіє з системами ESP і ASR.

Система MSR (рис. 1.4) використовується при виконанні наступних умов: педаль акселератора не натиснута; колеса провідної осі прослизують або блокуються; включена передача; увімкнено зчеплення.



1 - датчик частоти обертання задній правий; 2 - датчик частоти обертання задній лівий; 3 - датчик частоти обертання передній правий; 4 - датчик частоти обертання передній лівий; 5, 10 - блок керування двигуном; 6 - запит необхідного крутного моменту; 7 - положення педалі акселератора; 8 - інформація про фактичний момент, що крутить; 9 - управління дросельною заслінкою; 11 - блок управління ABS/ASR

Рисунок 1.4 – Схема системи MSR

Для встановлення системи MSR потрібна наявність компонентів системи ABS та інтерфейсу для підключення до системи керування двигуном. Програмне забезпечення ABS доповнюється відповідним розширенням MSR.

На підставі даних від датчиків кутової швидкості коліс і необхідних даних від системи управління двигуном (наприклад, частоти обертання колінчастого валу двигуна, положення дросельної заслінки/педалі

акселератора) система ABS з функцією MSR встановлює, чи має місце прослизання провідних коліс внаслідок зниження крутного моменту двигуна при різкому зменшенні. Якщо це має місце, блок управління ABS/ASR передає цю інформацію блоку управління двигуном, який виходячи з неї розраховує необхідну частоту обертання колінчастого валу двигуна.

Для збільшення частоти обертання колінчастого валу двигуна за запитом MSR блок управління двигуном короткочасно відкриває дросельну заслінку до тих пір, поки прослизання коліс не увійде в допустимий діапазон. При цьому система підтримується в діапазоні, що дозволяє оптимально використовувати момент гальмування двигуном і одночасно забезпечує достатній запас зчеплення сприйняття колесами бічних зусиль.

Натискання на педаль акселератора відключає систему гальмування двигуном.

MSR працює в протилежній логіці по відношенню до ASR: якщо ASR зменшує подачу палива при пробуксуванні, то MSR, навпаки, збільшує момент, що крутить, при його нестачі.

Система MSR особливо ефективна взимку: на обмерзлому або мокрому покритті вона запобігає втраті зчеплення при включенні зниженої передачі.

Спрацювання MSR практично непомітне водієві, проте воно суттєво впливає на керування автомобіля у критичних умовах.

У гібридних та електромобілях подібна функція реалізується не через дросельну заслінку, а через алгоритми рекуперації та керування

електродвигуном.

MSR активна тільки при відпущеній педалі акселератора, що робить її частиною пасивного контролю над автомобілем.

Система MSR є важливим компонентом сучасної архітектури активної безпеки автомобіля.

Завдяки інтеграції з ABS та блоком керування двигуном, MSR забезпечує стійкість, керованість та запобігає можливій заносній поведінці автомобіля.

Особливо значуща робота MSR в умовах поганого зчеплення, де навіть незначне прослизання коліс може призвести до втрати контролю над транспортним засобом.

Впровадження та розвиток систем, подібних до MSR, робить керування автомобілем більш безпечним і прогнозованим навіть для недосвідчених водіїв.

1.5 Активна система контролю тяги

Залежно від виробника антибуксувальна система (MATC) може мати такі комерційні назви [15]:

- ASR ([англ.](#) *Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation*) на автомобілях [Mercedes](#), [Volkswagen](#), [Audi](#), [Renault](#), [Peugeot](#) тощо;
- ASC ([англ.](#) *Anti-Slip Control*) на автомобілях [BMW](#);
- A-TRAC ([англ.](#) *Active Traction Control*) на автомобілях [Toyota](#);
- TCSS ([англ.](#) *Traction Control Support System*) на автомобілях Opel/GM;

- DTC ([англ. Dynamic Traction Control](#)) на автомобілях [BMW](#);
- ETC ([англ. Electronic Traction Control](#)) на автомобілях [Range Rover](#);
- ETS ([англ. Electronic Traction System](#)) на автомобілях [Mercedes](#);
- STC ([англ. System Traction Control](#)) на автомобілях [Volvo](#);
- TCS ([англ. Traction Control System](#)) на автомобілях [Honda](#);
- TRC ([англ. Traking Control](#)) на автомобілях [Toyota](#).

Активна система контролю тяги (MATC) від Mitsubishi – це система, яка запобігає пробуксовці коліс, використовуючи гальмівну систему та контроль потужності двигуна для покращення зчеплення з дорогою на слизьких поверхнях.

У випадку виявлення різкого зростання частоти обертання одного з ведучих коліс (що означає втрату зчеплення і початок [буксування](#)), електронний блок керування вживає заходів для зниження тяги та/або пригальмовування цього колеса подаванням гальмівного тиску.

Керування гальмівним тиском здійснюється циклічно. Робочий цикл має три фази: збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску.

Збільшення тиску гальмівної рідини в контурі забезпечує гальмування ведучого колеса. Воно проводиться за рахунок включення насоса зворотної подачі, закриття перемикального клапана і відкриття клапана високого тиску. Утримання тиску досягається за рахунок відключення насоса зворотної подачі. Скидання тиску здійснюється після закінчення пробуксовування при відкритих впускному і перемикальному клапанах. У разі потреби цикл роботи повторюється.

Для зниження тяги можуть (залежно від реалізації системи) використовуватися такі методи:

- припинення іскроутворення в одному або декількох циліндрах двигуна;
- зменшення подачі палива в один або декілька циліндрів;
- прикриття дросельної заслінки (за умови підключення до неї електронного керування);
- зміна кута випередження запалювання;
- відповідне керування автоматичною коробкою передач.

Одночасно для відновлення зчеплення з дорогою, а також збільшення на протилежному відносно диференціала колесі крутного моменту, проводиться короткочасне пригальмовування колеса, що втратило зчеплення за допомогою електрогідравлічних актуаторів.

МАС працює як система контролю тяги на асфальтованих дорогах і імітує блокування переднього та заднього міжколісних диференціалів у позашляхових умовах.

Принцип роботи.

Виявлення пробуксовки: датчики відстежують швидкість обертання коліс, якщо одне з коліс починає обертатися значно швидше за інші, система вважає це пробуксовкою.

Реакція системи.

На твердому покритті: система автоматично підгальмовує буксуюче колесо, а також може зменшити потужність двигуна, щоб відновити зчеплення.

На бездоріжжі: система імітує блокування переднього та заднього міжколісних диференціалів, перенаправляючи крутний момент на колеса, що мають краще зчеплення.

Переваги.

Підвищена безпека: запобігає заносам та втраті контролю над автомобілем під час руху по слизькому покриттю (лід, сніг, мокрий асфальт).

Покращена прохідність: забезпечує краще зчеплення на бездоріжжі, що допомагає долати перешкоди.

1.6 Система екстреного гальмування

Система екстреного гальмування (Brake Assist, BAS) - це електронна система безпеки, яка допомагає водієві під час екстреного гальмування, автоматично збільшуючи гальмівне зусилля [11-15].

Вона розпізнає різкий, але недостатньо сильний натиск на педаль гальма, що часто трапляється в критичних ситуаціях, і самостійно створює максимальний тиск у гальмівній системі, скорочуючи гальмівний шлях.

Гальмівний асистент (англ. Brake Assist System, BAS,) - автомобільна електронна система активної безпеки, яка на основі аналізу швидкості прикладання водієм зусилля до педалі гальм створює додаткове гальмівне зусилля.

Гальмівний асистент вперше з'явився на споживчому ринку у 1994 році на Audi A6 C4 під назвою «Brake assist». Слідом за Audi власні розробки запропонували такі компанії, як Volkswagen, Mercedes, Acura, Infiniti, BMW, Citroen, Rolls-Royce, Land Rover та Volvo.

У випадку, якщо до педалі гальма докладено різкий вплив - це

призводить до спрацьовування гальмівного асистента, який розвиває максимально можливе зусилля, незалежно від реакції людини.

Застосування системи обумовлено результатами дослідження, проведеними компанією [Mercedes-Benz](#), в ході якого виявилось, що в критичній ситуації водій дуже часто натискає на педаль гальм різко, але недостатньо сильно. (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Схема роботи системи екстреного гальмування (Brake Assist)

Гальмівний асистент за тими чи іншими ознаками (сигналами) виявляє екстрене гальмування, доводить тиск в гальмівній системі до максимуму і утримує його таким до повної зупинки автомобіля.

Система може бути реалізованою за допомогою електронних компонентів з використанням вакуумного підсилювача гальм і/або гідравлічних пристроїв гальмівної системи.

Поява такої системи стала можливою лише після запровадження

ABS, оскільки гальмівний асистент завжди збільшує гальмівну силу до максимальної, в умовах недостатнього зчеплення з дорогою можливе блокування коліс, яке ABS не допускає.

При виявленні потреби екстреного гальмування враховуються:

- поточна швидкість автомобіля;
- швидкість натискання на педаль гальма;
- сила (глибина) натискання педалі гальма;
- відстань до перешкоди попереду тощо.

Гальмівні асистенти гідравлічного типу забезпечують збільшення тиску рідини в гальмівній системі за рахунок використання елементів системи курсової стійкості. До таких систем належать:

- НВА ([англ. Hydraulic Braking Assistance](#)) на автомобілях Volkswagen, Audi;
- НВВ ([англ. Hydraulic Brake Booster](#)) на автомобілях Audi, та розробки компаній [TRW](#), АТЕ;
- SBC ([англ. Sensotronic Brake Control](#)) на автомобілях Mercedes-Benz;
- DBC ([англ. Dynamic Brake Control](#)) на автомобілях BMW;
- ВА Plus ([англ. Brake Assist Plus](#)) на автомобілях Mercedes-Benz.

Система НВА розпізнає екстрену ситуацію за швидкістю і силою натиснення на педаль гальма. У роботі системи використовується датчик тиску в гальмівній системі, датчики частоти обертання коліс, вимикач стоп-сигналу. На основі значень вхідних сигналів електронний блок керування за необхідності включає насос зворотної подачі, який доводить тиск в гальмівній системі до максимального.

Система НВВ за певних режимів експлуатації автомобіля

(прогрівання двигуна тощо) дублює вакуумний підсилювач гальм. У роботі системи використовуються датчик тиску в гальмівній системі, датчик розрідження у вакуумному підсилювачі, вимикач стоп-сигналу. При недостатньому розрідженні в камерах вакуумного підсилювача система включає насос зворотної подачі і підвищує тиск в гальмівній системі до необхідного рівня.

Система SBC у своїй роботі враховує низку факторів, у тому числі: швидкість перенесення ноги з педалі газу на педаль гальма, силу натискання на педаль гальма, якість дорожнього покриття, напрямок руху та інші параметри. У відповідності з конкретними умовами руху електронний блок керування формує оптимальне гальмівне зусилля на кожне колесо.

Система DBC за надзвичайної ситуації при швидкому і з більшим зусиллям натисненні педалі гальм система моментально підвищує тиск у гальмівній системі до максимального для екстреної зупинки автомобіля. Блок керування DBC регулює гальмівний тиск відповідно до поточної швидкості автомобіля і ступеня зносу гальмівних колодок. Крім того, комп'ютер DBC підключений у мережу з іншими системами керування шасі автомобіля, таких як система динамічного контролю курсової стійкості (DSC) і антиблокувальною гальмівною системою (ABS), які працюють разом, щоб забезпечити найвищі рівні безпеки руху.

Система BA Plus контролює відстань до автомобіля, що знаходиться попереду за допомогою радарів системи «Distronic Plus». Якщо відстань є малою і є небезпека зіткнення проводиться візуальне та звукове попередження водія. Якщо водій гальмує недостатньо ефективно система

догальмовує за нього.

Принцип роботи.

Система аналізує швидкість натискання на педаль гальма, а не лише силу натискання. Якщо швидкість натискання є надто високою для критичного гальмування, система активує додаткове гальмівне зусилля. Це призводить до того, що водій відчуває, ніби педаль "провалилася" (це стандартна поведінка системи, яка гарантує максимальне уповільнення).

Ця система відрізняється від ABS тим, що BAS допомагає досягти максимального гальмівного зусилля, а ABS запобігає блокуванню коліс, зберігаючи керованість.

Переваги.

Скорочення гальмівного шляху: Забезпечує максимально можливе уповільнення навіть за недостатнього зусилля від водія.

Зменшення людського фактора. Допомагає уникнути травм і загибелі, компенсуючи помилки водія в стресових ситуаціях.

Безпека. Ефективно працює в поєднанні з іншими системами безпеки, такими як ESP та ABS.

1.7 Система динамічної стабілізації

Система динамічної стабілізації MASC (Mitsubishi Active Stability Control) - це система курсової стійкості, що запобігає заносу та бічному ковзанню автомобіля.

Вона автоматично контролює гальмівне зусилля на окремих колесах

та потужність двигуна для збереження траєкторії руху автомобіля в складних дорожніх умовах або під час різких маневрів (рис. 1.6).

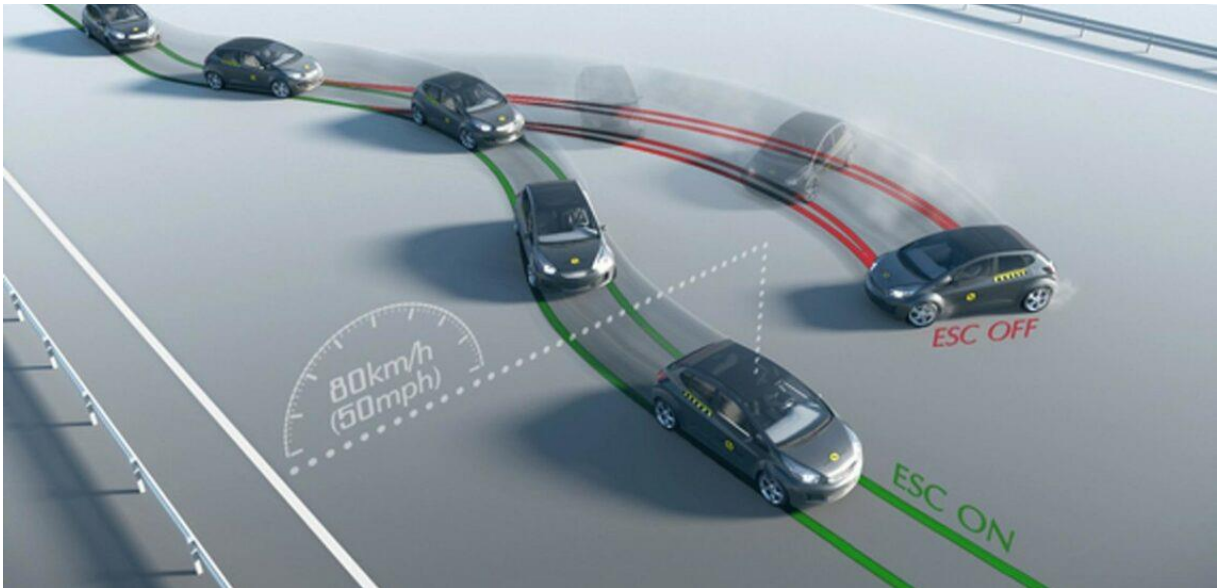


Рисунок 1.6 - Схема роботи системи MASCS (ESP, ESC, DSC, VDC)

Шляхом порівняння дій водія та параметрів руху автомобіля відбувається визначення настання аварійної ситуації.

Якщо дії водія відрізняються від фактичних параметрів руху авто, то вмикається система ESP.

Функція MASCS:

- виявлення втрати контролю: за допомогою датчиків система відстежує рух автомобіля та порівнює реальну траєкторію з траєкторією, яку задає водій (за поворотом керма);

- корекція траєкторії: якщо система виявляє занос або сід з траєкторії, вона миттєво втручається:

- a) гальмування коліс: автоматично пригальмовує одне або кілька

коліс, щоб повернути автомобіль на задану траєкторію;

б) регулювання потужності двигуна: зменшує тягу двигуна (через дросельну заслонку або подачу палива) для стабілізації автомобіля.

Важливі аспекти.

Багатокомпонентна система: MASC інтегрована з іншими системами безпеки, такими як:

- антиблокувальну систему гальм (ABS);
- електронне блокування диференціала (EDS);
- систему розподілу гальмівних зусиль (EBD);
- антипробуксовочну систему (ASR).

Система курсової стійкості має:

- блок управління;
- датчики кутової швидкості коліс;
- гідравлічний блок;
- датчик тиску в гальмівній системі;
- датчик швидкості повороту;
- датчик прискорення;
- датчик кута повороту кермового колеса.

За допомогою датчиків система динамічної стабілізації оцінює дії водія і параметри руху автомобіля.

Час реакції: система реагує надзвичайно швидко, за 20 мс, що дозволяє запобігти аварійній ситуації ще до того, як вона розвинеться.

Опираючись на сигнали, що надходять від датчиків, електронна система курсової стійкості активує відповідні системи безпеки і управляє їх роботою.

Інші назви: в інших автовиробників аналогічні системи можуть мати інші назви:

- Electronic Stability Programme, ESP;
- Vehicle Stability Assist, VSA;
- Electronic Stability Control, ESC;
- Vehicle Dynamic Control, VDC;
- Vehicle Stability Control, VSC;
- Dynamic Stability Management, DSM;
- Dynamic Stability Control, DSC;
- Dynamic Stability Traction Control, DTSC.

1.8 Висновки з розділу 1

Багато інженерних розробок протягом історії автомобілебудування дозволили значно поліпшити ефективність і надійність сучасних систем керування рухом автомобілів, які повністю контролюються електронними блоками керування.

Встановлено, що існуючі системи керування рухом автомобіля під час гальмування підтримують ефективність і керованість автомобіля шляхом контролю:

- 1) тяги, яка запобігає пробуксовці коліс на слизькій дорозі та зменшує ризик заносу (MATC);
- 2) сили на педалі гальма, збільшуючи тиск у гальмівній магістралі (BAS);

3) блокування передніх коліс, яке може статися під час раптового відпускання педалі акселератора або під час раптового гальмування на передачі (MSR);

4) дій водія та параметрів руху автомобіля, через що відбувається настання аварійної ситуації (MASC);

5) блокування передніх коліс, яке може статися під час раптового відпускання педалі акселератора або під час раптового гальмування на передачі (MSR);

б) стану кожного колеса при гальмуванні і суто індивідуально дозує гальмівне зусилля для кожної осі або напівосі (EBD).

Отже, для забезпечення таких вимог, як економічність і дотримання екологічних стандартів, необхідне застосування саме електронних систем у поєднанні з гальмівною системою, яка б забезпечила:

- необхідну ефективність гальмування;
- стійкість і керованість автомобіля при гальмуванні.

Показано, що алгоритм технічного обслуговування автомобіля спирається більшою мірою на затверджені регламенти технічного обслуговування автомобіля, але не враховує особливостей його експлуатації та ремонту, що в свою чергу, знижує ефективність проведення технічного обслуговування.

Доведено, що застосування методів дистанційної електронної діагностики в процесі технічного обслуговування дає змогу підлаштовувати графік і регламент технічного обслуговування та перейти від планово-попереджувальної до адаптивної стратегії ТО і ремонту.

Для оцінки стабільності вихідних показників гальмівних механізмів багато дослідників [4-9] використовують гальмівну характеристику, що виражає залежність внутрішнього передавального числа гальма від коефіцієнта тертя.

Мірою чутливості гальма до зміни коефіцієнта тертя μ є коефіцієнт чутливості

$$E = \frac{dK}{d\mu}, \quad (2.1)$$

де K – конструктивний коефіцієнт гальмівного механізму [9].

Коефіцієнт ефективності системи є прямим показником чутливості гальмівного механізму

$$\eta = \frac{dK}{d\mu} \cdot \frac{\mu}{K} = \frac{E \cdot \mu}{K} \quad (2.2)$$

Крім того, у працях [3, 5] також запропоновано наступні критерії оцінки ефективності гальмівних механізмів:

- коефіцієнт стабільності гальмівного моменту

$$a_{cm} = \frac{M_{Tсер}}{M_{Tmax}}, \quad (2.3)$$

де $M_{Tсер}$, M_{Tmax} – середнє та максимальнє значення гальмівного моменту;

- коефіцієнт варіації гальмівного моменту

$$\gamma = \frac{M_{Tmin}}{M_{Tmax}}, \quad (2.4)$$

де M_{Tmin} – мінімальне значення гальмівного моменту;

- коефіцієнт ефективності гальмування

$$\beta_{cx\rho} = \frac{\alpha_{cm}}{T^2}, \quad (2.5)$$

- ефективність гальмування

$$\frac{\beta_{x\rho n}}{u} = \frac{\alpha_{cm} n}{u \cdot T^2}, \quad (2.6)$$

де n – кількість однакових гальм;

u – лінійний знос за одне гальмування (або за цикл однакових гальмувань).

Відповідність найсуворішим вимогам міжнародних і національних стандартів щодо ефективності гальмування автомобілів нерозривно пов'язана з необхідністю підвищення енергоємності гальмівних механізмів.

Енергоємність гальмівних механізмів – це здатність останніх розсіювати найбільшу кількість енергії гальмованого транспортного засобу без зниження показників ефективності гальмування до мінімально прийняттого рівня.

Надмірне нагрівання гальмівних механізмів призводить до зниження коефіцієнта тертя фрикційних поверхонь і збільшення зносу фрикційної пари.

Забезпечення високої ефективності та стабільності дії можливе за таких умов [12-14]:

- раціональний вибір типу гальмівних механізмів для конкретного

колісного транспортного засобу;

- забезпечення необхідного теплового режиму та умов охолодження фрикційних поверхонь;

- забезпечення рівномірного енергетичного навантаження фрикційних пар гальмівного механізму.

Найбільш раціональним типом гальмівного механізму є такий, в якому розподіл тепла, що утворюється на поверхні тертя, узгоджується з напрямками теплових потоків, що відходять від нагрітих поверхонь.

Слід зазначити, що не всі типи гальмівних механізмів, що використовуються в автомобілебудуванні, можуть забезпечити рівномірний розподіл тепла, що утворюється на поверхнях тертя.

У барабанних гальмах через мінливість тиску на площі тертя при однаковій швидкості ковзання діаграма сили тертя (що характеризує розподіл тепла, що утворюється) відповідає діаграмі тиску.

У дискових гальмах існує можливість узгодження характеристик зносу фракційних матеріалів, закону розподілу контактного тиску за швидкістю ковзання та форми фрикційних накладок, що дозволяє отримати більш рівномірний розподіл температури по поверхнях тертя.

2.2 Аналіз факторів, що визначають стабільність роботи гальмівного привода

Тривалість динамічної фази гальмівного процесу визначається швидкістю роботи гальмівного привода.

Швидкість роботи гальмівного привода пов'язана зі швидкістю

передачі тиску робочого середовища від джерела енергії до виконавчих механізмів гальмівних механізмів.

Підвищенню швидкості роботи гальмівного приводу присвячені роботи [2-14].

Основною причиною зниження швидкості гальмівного приводу є зміна властивостей робочого тіла (рідини) під впливом температури, а також утворення пробок і звужень прохідної частини в трубопроводах.

2.3 Вплив стабільності розподілу гальмівних зусиль

Нестабільний розподіл гальмівних зусиль між сторонами або колесами однієї осі призводить до виникнення крутного моменту і ковзання автомобіля.

Використання дискових гальм, які мають вищу, порівняно з іншими типами гальм, стабільність гальмівного моменту, підвищило не тільки стабільність розподілу гальмівних зусиль між сторонами, але й між осями автомобіля.

Встановлення дискових гальм на передніх колесах і барабанних гальм на задніх колесах легкових автомобілів тривалий час було загальноприйнятою схемою.

При цьому було враховано, що нерівномірність роботи задніх гальм має менший вплив на стабільність колісного транспортного засобу, ніж нерівномірність роботи передніх [4-9].

З появою нових технічних рішень для гальмівного приводу дискових

гальм [8] проблема застосування дискових гальм на всіх колесах легкових автомобілів перестала бути проблемою.

В автомобілях середнього і високого класу стали застосовуватися дискові гальма на всіх колесах (з вентильованими гальмівними дисками на передніх колесах).

2.4 Вплив конструкцій систем керування рухом автомобіля

Розвиток конструкцій автомобілів, все більш широке використання електроніки та інформаційних технологій для управління автомобілями вимагає перегляду стратегії досліджень, напрямків розвитку цих машин та їх компонентів.

Відомі роботи [10], в яких досліджується можливість використання окремого гальмування сторін автомобіля для поліпшення його маневреності.

В літературі також з'явилися дані про системи динамічної стабілізації курсу автомобілів шляхом гальмування коліс відповідної сторони в разі заносу.

Для поліпшення керованості можна використовувати гальма на ведучих колесах для блокування диференціала у разі ковзання одного з них. Таким чином, керуючи не тільки гальмівною системою в цілому, але й гальмівними механізмами окремих коліс, можна значно поліпшити ряд експлуатаційних властивостей транспортних засобів.

Маючи електричний, пневматичний або гідравлічний привод гальм,

колісні клапани, керовані бортовим комп'ютером і датчиками параметрів руху, можна здійснювати оптимальне керування машиною.

Впровадження нових елементних баз та інформаційних технологій у конструкції автомобілів супроводжується боротьбою новаторів і консерваторів, що є об'єктивним і природним процесом.

Крім того, споживач повинен бути впевнений, що в разі виходу з ладу електронних пристроїв він зможе забезпечити безпечну зупинку автомобіля за допомогою традиційної гальмівної системи.

У цьому випадку традиційні пристрої повинні забезпечувати залишкову ефективність гальмування, що відповідає нормативним вимогам. З точки зору безпеки дорожнього руху послідовність часткових відмов системи управління гальмами, як мехатронної системи.

З розвитком автомобільних мехатронних систем та забезпеченням їх надійності, можлива послідовна відмова від традиційних дублюючих елементів.

2.5 Оцінка ефективності гальмівних систем

Ефективність гальмівної системи - це здатність останньої відповідати експлуатаційним вимогам, що до неї пред'являються. Оскільки експлуатаційні вимоги до технічних систем постійно зростають, впливає, що ефективність технічних систем також повинна зростати синхронно.

Ефективність і функціональна стабільність гальмівної системи визначається ефективністю і функціональною стабільністю її елементів.

Елементи, що складають систему, мають розбіжність у своїх

параметрах навіть на початковому етапі експлуатації, що обумовлено допуском їх виготовлення.

При експлуатації технічних систем виникає необхідність оцінити доцільність впровадження будь-якого вдосконалення, яке теоретично підвищує ефективність об'єкта.

При створенні нового об'єкта необхідно використовувати сукупність критеріїв, що враховують складність, а саме:

- критерій ефективності, що оцінює вихідну функцію системи з урахуванням рівня вимог до неї на даному етапі;
- критерій надійності, що включає як проміжний фактор критерій функціональної стабільності;
- критерій уніфікації та стандартизації;
- критерій вартості;
- критерій експлуатаційної безпеки, ергономіки та екології;
- критерій раціонального використання.

Поняття ефективності гальмівної системи має філософське значення, яке залежить від того, що очікують від об'єкта його виробники та споживачі. Це пояснює різноманітність визначень поняття ефективності роботи.

Чим вище рівень конструкції автомобіля, тим більший розкид початкових параметрів елементів гальмівної системи.

У зв'язку з цим можливе зниження ефективності системи навіть на початковому етапі експлуатації.

Ефективність гальмівної системи на початковому етапі експлуатації можна визначити як

$$E_{0max} = E_H + A \quad (2.7)$$

$$E_{0min} = E_H - B \quad (2.8)$$

де E_{0max} , E_{0min} – максимальний та мінімальний ККД об'єкта в початковий період експлуатації;

E_H – номінальний (розраховано) ефективність системи;

A , B – верхні та нижні граничні відхилення очікуваного ефективність, регульована під час виробництва.

Під час виготовлення гальмівної системи значення показника ефективності не повинно перевищувати допустимі межі.

У процесі експлуатації під впливом зовнішніх і внутрішніх збурень ефективність системи знижується.

При цьому всі внутрішні зміни в системі можна розділити на дві групи.

Оборотними є ті зміни, які припиняються після зникнення збурюючих впливів. Важливо, щоб оборотні зміни мали незначне значення і не мали істотного впливу на зниження ефективності системи.

Необоротні зміни - ті, що зберігаються після припинення збурень. Накопичення необоротних змін в технічній системі призводить до подальших параметричних і функціональних відмов об'єкта.

На основі вищесказаного можна дати нове визначення параметричної відмови (яке включає поняття часткової відмови).

Бажано, щоб функціональна взаємодія елементів системи

забезпечувала мінімальне зниження продуктивності системи при незворотних змінах в її елементах.

Таким чином, ефективність системи в роботі за певний час експлуатації можна визначити

$$E = E_0 - \Delta E_{Hob} - \Delta E_{ob} = E_{H-\beta}^{+.1} - \Delta E_{Hob} - \Delta E_{ob} \quad (2.9)$$

де E – поточний значення ефективність;

ΔE_{ob} – зменшення в ефективність належний до оборотний зміни;

ΔE_{Hob} – зниження ефективності через накопичення незворотних змін.

Щоб компенсувати оборотні та необоротні зміни в технічній системі, вона необхідно використовувати додаткові елементи, забезпечення або зворотний зв'язок на регульований значення, або регулювання шляхом збурення.

Використання теорії функціональної стійкості при створенні нових технічних систем, зокрема, автомобілів і тракторів, дозволить підвищити технічний рівень продукції, знизити вартість проектування та оздоблення працює. Але більшість важливий є що ймовірність з помилкове а неефективні технічні рішення будуть мінімізовані.

2.6 Оцінка стабільності гальмівних механізмів

У [4, 5] були отримані рівняння гальмівного моменту гальмівних механізмів.

Це дозволило отримати узагальнене рівняння гальмівного моменту

для різних типів фрикційних пар

$$M_f = P_f \cdot R_i \cdot K_1 (\exp[K_2 \cdot \mu \cdot (1 - Q_i)] - \exp[-K_2 \cdot \mu \cdot Q_i]), \quad (2.10)$$

де P_f – сила, що створює гальмівний момент;

R_i – загальний радіус ротора гальмівного механізму;

μ – коефіцієнт тертя між елементами пари тертя;

K_1 , K_2 – конструктивні коефіцієнти, що залежать від геометричних параметрів пар тертя;

Q_i – коефіцієнт, що залежить від знака зворотного зв'язку в гальмівному механізмі (при позитивній серводії $Q=0$, а при негативній – $Q=1$).

Розподіл гальмівної сили між осями колісного автомобіля впливає на ефективність гальмування без блокування коліс і на курсову стійкість (рис. 2.2).

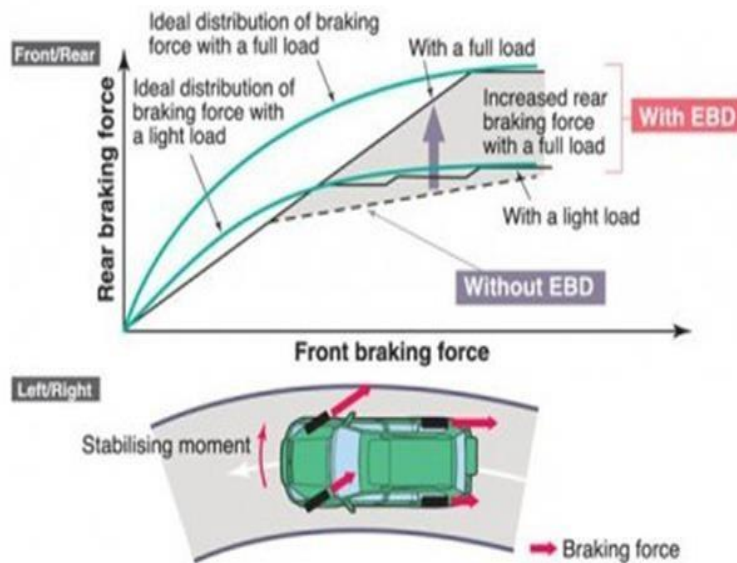


Рисунок 2.2 – Вплив розподілу гальмівної сили на курсову стійкість

Фактичний коефіцієнт розподілу гальмівної сили відрізняється від ідеального (що забезпечує одночасне доведення до межі блокування передніх і задніх коліс)

$$\Delta\beta = \frac{P_{T1}}{P_{T1}+P_{T2}} - \beta_{ud} = \frac{P_{T1}}{P_{T1}+P_{T2}} - \frac{b+\phi \cdot h}{L} \quad (2.11)$$

Фактичний коефіцієнт розподілу гальмівної сили на передні колеса

$$\beta_d = \frac{P_{T1}}{P_{T1}+P_{T2}} - \beta_{ud} = \frac{1}{1+P_{T2}/P_{T1}} \quad (2.12)$$

Якщо припустити, що ми обмежені першими двома членами ряду, то вираз можна записати у вигляді

$$\beta_d = \exp\left(-\frac{P_{T2}}{P_{T1}}\right) \quad (2.13)$$

$$\ln \beta_d = -\frac{P_{T2}}{P_{T1}} \quad (2.14)$$

Параметри P_{T1} і P_{T2} можуть відрізнятися від реальних значень, оскільки вони залежать від певної кількості нестабільних факторів (радіуси коліс, коефіцієнт тертя пар гальм, сили приводу).

Виразити в диференціальній формі

$$d \ln \beta_d = -d * \left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}} \right) \quad (2.15)$$

$$\frac{d\beta_d}{\beta_d} = -d \left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}} \right) \quad (2.16)$$

Наближаючись до остаточних приростів

$$\Delta \left(\frac{P_{T2}}{P_{T1}} \right) = \frac{\Delta P_{T2} * P_{T1} - \Delta P_{T1} * P_{T2}}{P_{T1}^2} = \frac{P_{T2}}{P_{T1}} \left(\frac{\Delta P_{T2}}{P_{T2}} - \frac{\Delta P_{T1}}{P_{T1}} \right) \quad (2.17)$$

$$\Delta \beta_{od}^1 = \left(\frac{\Delta P_{T2}}{P_{T2}} - \frac{\Delta P_{T1}}{P_{T1}} \right) \beta_{od} \cdot \ln \beta_{od} \quad (2.18)$$

Щоб забезпечити керованість колісного транспортного засобу під час гальмування, необхідно, щоб Оскільки значення у виразі дорівнює, необхідно прагнути до того, щоб реалізувалося додатне значення.

Оцінимо, як нерівномірність гальмівних зусиль на колесах однієї осі впливає на відхилення розподілу гальмівних зусиль між осями від його розрахункового значення.

Якщо розглядати гальмівні зусилля на кожному колесі окремо, то рівняння набуває вигляду

$$\beta_d = \frac{P_{T11} + P_{T12}}{P_{T11} + P_{T12} + P_{T21} + P_{T22}} = \frac{1}{1 + \frac{P_{T21} + P_{T22}}{P_{T11} + P_{T12}}} \quad (2.19)$$

Підставляючи експоненціальну залежність, отримуємо

$$\beta_d = \exp\left(-\frac{P_{T21}+P_{T22}}{P_{T11}+P_{T12}}\right) \quad (2.20)$$

Диференціал функції декількох змінних

$$d \ln \beta_d = \frac{d \ln \beta_d}{d(P_{T21}/P_{T11})} \cdot d\left(\frac{P_{T21}}{P_{T11}}\right) + \frac{d \ln \beta_d}{d(P_{T22}/P_{T21})} \cdot d\left(\frac{P_{T22}}{P_{T21}}\right) + \frac{d \ln \beta_d}{d(P_{T12}/P_{T11})} \cdot d\left(\frac{P_{T12}}{P_{T11}}\right) \quad (2.21)$$

2.7 Вплив нерівномірного розподілу гальмівних зусиль між осями

Факторами, що створюють передумови для виникнення заносу під час гальмування, можуть бути як експлуатаційні впливи, так і конструктивні параметри автомобіля.

До експлуатаційних факторів, що можуть спричинити занос під час гальмування, належать нерівномірний коефіцієнт зчеплення окремих коліс з дорогою, поздовжній і поперечний профілі дороги, наявність нерівностей, радіус кривизни дорожнього покриття в плані, бічний вітер, асиметричне розміщення вантажу в кузові тощо.

Конструктивними параметрами, що впливають на можливість заносу при гальмуванні, є положення центру маси автомобіля, розподіл гальмівних зусиль між осями, сторонами і окремими колесами, тип і конструкція підвіски.

Вплив цих факторів на ймовірність заносу при гальмуванні досить докладно вивчений у вітчизняній і зарубіжній літературі [3-7].

Реалізація ідеального закону забезпечує одночасне доведення до межі блокування всіх коліс і, теоретично, скорочення гальмівного шляху за рахунок повного використання зчеплення автомобіля з дорогою.

На даний момент накопичено великий досвід у створенні різних типів регуляторів гальмівної сили, які забезпечують зміну розподілу гальмівних сил між осями відповідно до зміни коефіцієнта тертя. При цьому фактичний закон розподілу гальмівних зусиль наближався до ідеального з різним ступенем точності.

Припустимо, що електронні системи керування дозволяють нам в найближчому майбутньому реалізувати ідеальний закон розподілу гальмівних зусиль між осями.

Це можливо завдяки розвитку мехатроніки, використанню на її основі пристроїв в автомобілі. У цьому випадку зростає роль функціональної стабільності елементів гальмівних систем, що впливає на відхилення фактичного коефіцієнта розподілу гальмівних зусиль між осями від його ідеального значення.

Оцінимо вплив відхилення значення фактичного коефіцієнта розподілу гальмівних зусиль між осями від його ідеального значення на курсову стійкість автомобіля під час гальмування.

Були визначені залежності (2.14), (2.21) для обчислення зміни коефіцієнта розподілу гальмівних зусиль між осями, що виникає під час гальмування, у випадку, якщо його подовжня вісь відхиляється на кут від початкового напрямку руху, що дає змогу застосовувати відповідну дію для систем динамічної стабілізації автомобіля.

2.8 Висновки з розділу 2

Обґрунтовано умови функціонального застосування електронних гальмівних систем сучасних легкових автомобілів за зміною курсової стійкості чи керованості легкових автомобілів, обладнаних антиблокувальними системами, пристроями швидкого гальмування та системами динамічної стабілізації автомобіля, які в даний час є складовими адаптивного або інтелектуального управління гальмами автомобілів.

Це в свою чергу дає змогу побудувати алгоритм технічного обслуговування та з'ясувати можливості переходу від планово-попереджувальної стратегії ТО і ремонту до адаптивної стратегії з безперервним контролем за технічним станом автомобіля з використанням інструментів дистанційної електронної діагностики.

3. ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ГАЛЬМУВАННЯ

3.1 Вибір діагностувального обладнання та програмне забезпечення діагностики електронних систем автомобілів

Діагностичне обладнання являє собою сканер, який виконує функції комунікації між блоком управління автомобіля і діагностом.

Складається з діагностичного роз'єму, мультиплексора, пристрою виведення з програмним забезпеченням.

Через роз'єм ми єднаємося з автомобілем, мультиплексор перетворює інформацію і переводить її у погоджений для комп'ютерного ПЗ вид.

Класифікація діагностичного обладнання.

OBD діагностика. Початковий рівень.

Діагностичні можливості такого OBD сканера вельми скромні: можна "погасити" лампочку "чек енджин", можна отримати коди помилок з блоку управління і розшифрувати їх за допомогою будь-яких довідників.

На сьогоднішній день сканер містить в собі в кращому разі 10% від діагностичної інформації про автомобіль.

Діагностичні сканери. Середній рівень.

Подібні діагностичні сканери для автомобілів вже вміють розуміти не тільки OBD, але і протоколи виробників.

Функціонал на голову вище приладів початкового рівня, але є і

недоліки. Основний недолік - мінімум інформації про виявлені несправності, що видається користувачеві.

Проблема - низька якість асортименту автомобілів, що діагностуються.

Наприклад, дуже часто буває, що якась модель автомобіля в програмі приладу присутня - і діагност навіть зуміє до автомобіля підключитися, але в підсумку отримає або невірну інформацію або ж такий мінімум, з яким і зробити щось нічого не можна.

Комп'ютерна автомобільна діагностика для професіоналів. Просунутий рівень.

Однозначно оптимальний вибір для більшості СТО (від приватних до великих сервісів, включаючи авторизовані станції, які часто вибирають мультимарочний прилад на додаток до дилерського).

У 95% випадків такого приладу буде досить для повноцінної роботи діагноста.

Якісний сканер повинен не тільки вміти "розшифровувати" помилки, а також мати в програмі схеми автомобільних систем, розташування датчиків і ін.

Діагностичні сканери цього класу повинні мати широку і адекватну карту покриття автомобілів.

Обов'язковою характеристикою сканерів хорошого рівня є їх швидкодія - висновок "живих" параметрів автомобільних компонентів з високою частотою.

Дилерські прилади. Вищий клас діагностичного обладнання.

Для кожної марки - свій прилад.

Мало того, дилерські прилади бувають ще і для різних ринків (у Toyota, наприклад), для різних років випуску (BMW).

Прилади обов'язкові до використання на авторизованих сервісах.

Автосканер ELM327 Bluetooth (рис. 3.1) - це адаптер версії 1.5.



Рисунок 3.1 - Автосканер ELM327

ELM327 підтримує такі протоколи OBD2: SAE J1850 PWM (41.6 kbaud); SAE J1850 VPW (10.4 kbaud); ISO 9141-2 (5 baud init, 10.4 kbaud); ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 kbaud); ISO 14230-4 KWP (fast init, 10.4 kbaud); ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 500 kbaud); ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 500 kbaud); ISO 15765-4 CAN (11 bit ID, 250 kbaud); ISO 15765-4 CAN (29 bit ID, 250 kbaud).

Автомобілі які мають підтримку OBD2 протоколу: Всі автомобілі американського ринку починаючи з 1996 років випуску; Автомобілі Європейського ринку починаючи приблизно з 1999 р.; Автомобілі Японського і Азіатського ринку, починаючи ~ с 2000 р.

При цьому є важливе зауваження: не всі автомобілі, оснащені колодкою OBD-II, підтримують хоча б один з OBD-II протоколів.

OBD (On-Board Diagnostic) позначає діагностику та контроль основних вузлів автотранспортного засобу (шасі, двигуна та деяких допоміжних пристроїв). Для проведення самостійної перевірки систем найчастіше використовують діагностичний адаптер ELM327 – компактний прилад, який передає дані про роботу авто в режимі реального часу. Все, що необхідно для використання ELM – це ПК, що працює на ОС Windows, телефон або планшет на Android або iOS.

Підтримувані системи: система управління двигуном; АБС, АКПП і інші системи (залежить від автомобіля).

Програми виконують такі функції: читання кодів діагностики несправностей в цілому і по конкретному виробнику, відображаючи значення (в базі більше 3000 кодів); обнулення кодів помилок і вимикання лампочки "Check Engine" на панелі приладів; отримання збережених значень поточних параметрів роботи системи управління на момент виникнення кодів несправностей; зчитування і перегляд результатів тесту датчиків кисню; виведення інформації про діагностується автомобілі (VIN-коду і калібрувальних даних).

Прилад Autocom CDP + забезпечує роботу з легковими і вантажними автомобілями практично всіх марок.

Підтримує близько 60000 автомобільних систем, більш ніж на 4200 моделях автомобілів і ця цифра постійно збільшується.

Також в приладі Autocom CDP+ (рис. 3.2) з'явилося багато нових особливостей, таких як: підтримка карт пам'яті, система автоматичного визначення типу контролера автомобіля, коннектор OBD2 з підсвічуванням.



Рисунок 3.2 - Мультимарочний сканер AUTOCOM CDP+

Перелік підтримуваних ЕБУ:

Діагностика двигуна по протоколу OBD2;

Діагностика двигуна по заводським протоколам;

Діагностика електронних систем запалювання;

Діагностика систем управління кліматом;

Діагностика імобілайзерів;

Діагностика систем управління трансмісією;

Діагностика систем ABS;

Діагностика систем SRS Airbag;

Діагностика приладової панелі і скидання сервісних інтервалів;

Діагностика систем забезпечення комфорту і пристроїв мультимедіа;

Діагностика систем кузовний електроніки;

Діагностика навігаційних вузлів, світлових вогнів.

Інтерфейс програми має повнофункціональну підтримку наступних мов: Англійська, Чеська, Данська, Іспанська, Французька, Грецька, Голландський, Угорський, Італійський, Норвезька, Польська, Румунська, Російська, Сербська, Фінський, Шведський, Турецький.

Основні переваги сканера Autocom CDP +:

- вбудований діагностичний мультиплексор спрощує процес підключення до автомобіля;
- підключення до комп'ютера через порт USB або bluetooth (опціонально);
- легкість і простота установки програмного забезпечення.

Підтримка всіх відомих на даний момент діагностичних протоколів і інтерфейсів;

Вбудована система підказок при роботі.

Діагностичні можливості Autocom CDP +:

- швидка автоматична ідентифікація підключеного автомобіля за допомогою спеціальної технології ISI (Intelligent System Identification);
- автоматичний опитування всіх систем і електронних блоків управління (ЕБУ) підключеного автомобіля за допомогою технології ISS (Intelligent System Scan);
- читання і видалення кодів несправностей (DTC);
- скидання адаптацій;
- обнулення рівнів рідин в баках;
- відображення параметрів реального часу (real-time data);
- скидання сервісних інтервалів;
- функції адаптації та програмування ЕБУ двигуна, інжекторів,

імобілайзерів, ключів і інших елементів;

- програмування та калібрування датчиків і клапанів;
- кодування моторизованих дроселів, конфігурації, електронних

клапанів рециркуляції і т. д.

Нове в Autocom CDP +:

Бортовий реєстратор - запис даних "на льоту" на карту пам'яті без участі комп'ютера для подальшого аналізу;

Автоматичний контроль напруги бортової мережі автомобіля (12/24);

Читання VIN (дозволяє розпізнавати VIN номер автомобіля, що діагностується, що гарантує автоматичний вибір моделі і року випуску);

ISI - автоматично визначає тип контролера автомобіля;

Відображення всіх можливих типів перевірок і функцій по автомобілю не підключаючи прилад;

Програма Delphi Cars 2014.

3.2 Діагностика та обслуговування ЕБУ двигуна

При вивченні систем керування автомобільних двигунів потрібно звернути увагу на те, що електронна система автоматичною керування двигуном складається з датчиків для постійного контролю за його параметрами і параметрами навколишнього середовища, електронного блока керування на основі мікропроцесора і виконавчих механізмів, за допомогою яких електронний блок керує двигуном за закладеною в його пам'яті програмою та відповідно до інформації від датчиків.

Електронне керування необхідне для задоволення високих вимог з

екологічності, паливної економічності, експлуатаційних характеристик, зручності обслуговування і діагностування, що висуваються до сучасних автомобільних двигунів на законодавчому рівні і споживачами.

Автоматичне керування двигуном може включати в себе: - електронну систему керування впорскуванням палива; - систему керування запалюванням; - систему керування клапанами циліндрів (регулювання фаз газорозподілу); - систему керування рециркуляцією відпрацьованих газів; - карбюратори з електронним керуванням; - економайзер примусовою холостого ходу з електронним керуванням; - електронні системи керування паливоподачею автомобільних дизелів; - електромеханічні системи впорскування «Jetronik».

За своїм схемотехнічним рішенням електронні системи автоматичного керування двигуном поділяються на три типи:

- аналогові системи на операційних підсилювачах;
- цифрові регулятори, побудовані на елементах середнього ступеня інтеграції;
- мікропроцесорні системи.

Аналогові системи мають істотні недоліки:

- залежність якості регулювання від точності виготовлення елементів;
- залежність електричних параметрів елементів від зовнішніх факторів;
- вузька спеціалізація системи.

Цифрові регулятори складні в конструктивному відношенні, мають малу надійність, не перелаштовуються на інший тип двигуна.

Функціональні задачі діагностики мікропроцесорних систем керування автомобілем, а також ідентичність функціональних систем керування та діагностування дозволяє за рахунок сумісного використання загальної апаратури (датчиків, виконавчих механізмів, пристроїв спряження, пристроїв відображення інформації та мікроЕОМ) забезпечити неперервний контроль системи та об'єкта керування як у функціональному, так і в тестовому режимах без використання будь-яких спеціалізованих технічних засобів та уникнути тим самим необґрунтованого ускладнення конструкції автомобіля та необхідності розробки додаткового діагностичного обладнання.

3.3 Діагностика та обслуговування систем керування трансмісією автомобіля

Одна з найбільш актуальних проблем сучасного автомобілебудування - спрощення і полегшення керування автомобілем - не може бути вирішена без автоматизації керування трансмісією.

Як показує більш ніж 50-літній досвід створення автоматичних трансмісій, їхнє удосконалювання йде за двома напрямками: автоматизація керування механічними трансмісіями, що складаються зі ступінчатої коробки передач і фрикційного зчеплення (тобто такими трансмісіями, якими обладнується переважна більшість автомобілів, що випускаються), і оснащення автомобілів автоматичними спеціалізованими трансмісіями, які забезпечують найбільш зручне, просте і легке керування, високу комфортабельність автомобіля.

За рівнем автоматизації керування трансмісії можуть бути розділені на напівавтоматичні, котрі автоматизують керування не цілком усією трансмісією, а тільки окремими її вузлами (наприклад, зчепленням), і автоматичні, керовані без участі водія.

Найпоширенішим типом автоматичної трансмісії є гідравлічна автоматична, яка використовує планетарну передачу, гідравлічне керування та гідротрансформатор. Інші типи автоматичних трансмісій включають безступінчасті трансмісії (CVT), автоматизовані механічні трансмісії (АМТ) і трансмісії з подвійним зчепленням (DCT) (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Вигляд гідротрансформатора коробки передач ZF 8HP

До інших функцій автоматичного зчеплення можна віднести дії із керування стискальним зусиллям під час прискорення автомобіля і з переривання потоку потужності під час гальмування. Автоматичні коробки передач (automatic transmission) виконують операції із перемикання передач без участі водія.

Втрати потужності в автоматичній коробці передач істотно більші,

ніж у механічній.

Однак це компенсується перевагами, пов'язаними з можливістю підтримки роботи двигуна в максимально економічному режимі.

Автоматична коробка передач містить (рис. 3.4):

- гідротрансформатор (hydrotransformer) (завжди використовується в коробках передач легкових автомобілів; на вантажних автомобілях звичайно застосовується конструкція типу Trilok – з доцентровою турбіною): призначений для рушання з місця, збільшення крутного моменту і поглинання крутильних коливань;

- у коробках передач легкових автомобілів (як правило) і вантажних автомобілів (завжди) гідротрансформатор доповнюється 14 блокувальною муфтою (joint box, clutch);

- кілька планетарних механізмів;

- багатодискові фрикціони з гідравлічним приводом, дискові чи стрічкові гальма (призначені для виконання переключень без розриву потоку потужності);

- механізми вільного ходу разом з елементами переключення для оптимального переключення передач;

- систему керування для вибору і плавного переключення передач відповідно до програми, установлюваної водієм автомобіля;

- гідронасос із приводом від двигуна: забезпечує тиск, необхідний для роботи елементів переключення, подає рідину до гідротрансформатора, забезпечує змащення й охолодження коробки передач.



1 – ведучий вал; 2 – блокувальна муфта; 3 – гідротрансформатор; 4 – стрічкове гальмо; 5-11 – багатодискові фрикціони і гальма; 12-14 – механізми вільного ходу; 15 і 16 – планетарні механізми; 17 – ведений вал

Рисунок 3.4 – Вигляд коробки передач ZF 8HP

Системи керування автоматичних коробок передач, у яких застосовується тільки гідравліка, починають витіснятися системами, у яких поєднуються елементи електроніки і гідравліки (гідравлічний привід зберігається тільки для фрикціонів).

До переваг застосування електроніки відносяться:

- можливість установлювати кілька різних програм переключення передач;
- велика плавність включення передачі;
- гнучкість і пристосовуваність до різних типів автомобілів;
- застосування спрощених гідравлічних ланцюгів керування і механізмів вільного ходу.

При вивченні систем керування трансмісією слід в'ясувати їх призначення, класифікацію, вимоги, що до них висуваються. Виявити функціональні особливості сповільнювачів та систем контролю тягового зусилля.

Необхідно пам'ятати, що удосконалення автоматизації керування трансмісіями відбувається за двома напрямками:

- автоматизація керування механічними трансмісіями, які складаються зі ступінчастої коробки передач і фрикційного зчеплення (тобто такими трансмісіями, якими обладнується переважна більшість автомобілів);

- оснащення автомобілів автоматичними спеціалізованими трансмісіями, які забезпечують найбільш зручне, просте і легке керування, високу комфортабельність автомобіля.

Керування трансмісією забезпечується автоматичним перемиканням швидкостей в коробці передач, вмиканням і вимиканням зчеплення, керуванням карданним валом і заднім мостом.

За рівнем автоматизації керування трансмісії можна поділити на напівавтоматичні, які автоматизують керування не цілком всією трансмісією, а тільки окремими її вузлами, і автоматичні, в яких керування відбувається без участі водіїв.

В електронній системі керування трансмісією об'єктом регулювання є в основному автоматична коробка передач.

При цьому блок електронного керування на основі сигналів датчиків частоти обертання колінчатого валу двигуна, ведучого валу коробки передач, кута відкриття дросельної заслінки і швидкості автомобіля

вибирає оптимальне передаточне число коробки передач і час вмикання зчеплення.

Крім того, система керування посилає в електронний блок керування необхідні сигнали для пом'якшення ударів і товчків при перемиканні передач і спрацьовуванні зчеплення.

Використання в трансмісії гідродинамічних або електродинамічних сповільнювачів (допоміжних гальм, що не зношуються) дозволяє зменшити теплове навантаження на колісні гальма під час тривалих сповільнень. Вони можуть встановлюватись з боку ведучого вала приводу (первинні вбудовані сповільнювачі) або з боку веденого вала (вторинні вбудовані сповільнювачі), чи розміщуватись окремим блоком між вторинним валом коробки передач і ведучим мостом.

Переваги об'єднаних конструкцій – компактні розміри, невелика вага і використання єдиної робочої та змащувальної рідини.

Переваги первинних сповільнювачів проявляються при гальмуваннях на невеликих швидкостях, тому вони широко застосовуються на міських автобусах. Вторинні сповільнювачі мають переваги при використанні на важких вантажних автомобілях для узгодженого гальмування на більш високих швидкостях та при русі на спусках.

Системи контролю тягового зусилля об'єднуються з блоком керування антиблокувальної системи гальм та системи керування двигуном. Вони використовуються під час прискорення автомобіля, коли надлишковий крутний момент призводить до швидкого підвищення частоти обертання одного чи обох ведучих коліс. В цьому випадку система підтримує проковзування ведучих коліс в межах допустимого рівня,

виконуючи такі функції: -підвищення сили тяги; -підтримання курсової стійкості автомобіля.

3.4 Діагностика та обслуговування електронних систем управління підвіскою автомобіля

Підвіска забезпечує пружний зв'язок рами або кузова з колесами, пом'якшуючи поштовхи та удари, виникаючі при наїзді коліс на нерівності, передаючи всі сили і моменти між колесами і рамою.

Електронні системи автоматичного керування підвіскою призначені для підвищення безпеки і комфортабельності автомобіля шляхом автоматичної зміни пружності ресор і опору амортизаторів.

Підвищення безпеки забезпечується шляхом збільшення жорсткості підвіски при русі з великою швидкістю по хороших дорогах, що зменшує крен автомобіля при виконанні поворотів та осідання при рушанні з місця, перемиканні передач і гальмуванні.

Підвищення комфортності досягається шляхом зменшення жорсткості підвіски при русі з невеликою швидкістю, особливо по поганих дорогах. Крім того, зменшення крену і осідання кузова також дещо підвищує комфортність автомобіля.

Електронний блок керування підвіскою працює на основі сигналів, що надходять від датчиків швидкості, положення рульового колеса, інтенсивності гальмування, кута відкриття дросельної заслінки, рівня кузова та тиску в системі (рис. 3.5).

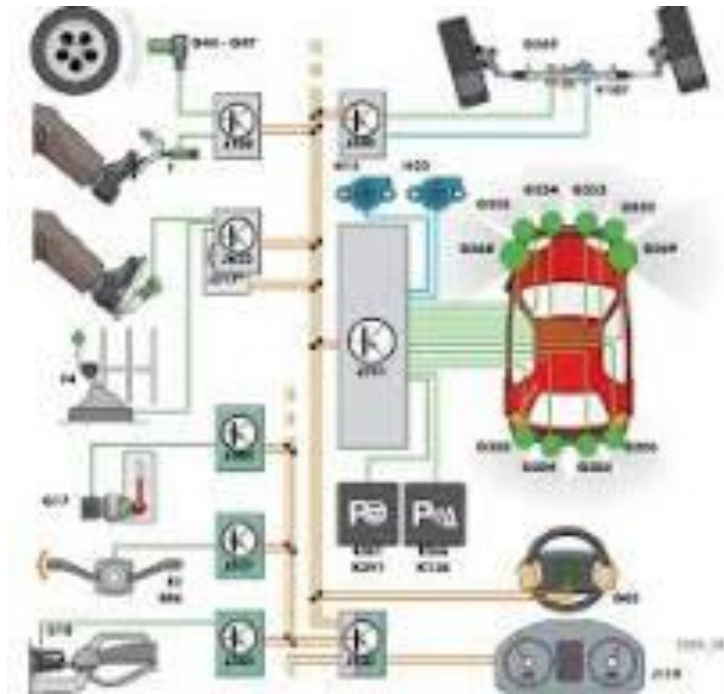


Рисунок 3.5 – Структурна схема електронного керування підвіскою

Як виконавчі механізми використовуються електромагнітні клапани регуляторів положення кузова і жорсткості підвіски, а також електродвигуни або соленоїди, які регулюють силу опору амортизатора, шляхом зміни діаметра перепускного отвору.

Такі показники роботи підвіски як жорсткість пружних елементів, інтенсивність демпфірування та зміна положення кузова по висоті взаємозалежні.

Вирішити проблему розділення показників дозволяє гідропневматична система підвіски, в якій керування гідравлічними та пневматичними елементами відбувається незалежно одне від одного.

При цьому для роботи системи потрібна подача енергії для приводу гідронасоса біля 4 кВт.

Керування датчиками, що фіксують стан окремих елементів системи підвіски, наприклад, положення коліс відносно кузова і виконавчими механізмами, наприклад, клапанами з електромагнітним керуванням, відбувається за допомогою бортової ЕОМ (мікропроцесора) відповідно до програми, а також з врахуванням команди водія.

При вивченні систем керування підвіскою слід в'яснити їх призначення, класифікацію, вимоги, ідо до них висуваються.

Виявити функціональні особливості систем вирівнювання навантажень, активних підвісок автомобілів, систем автоматичного керування амортизаторами та вібропоглиначів.

Необхідно пам'ятати, що такі характеристики, як амортизація та демпфування підвіски, головним чином, пов'язані з вертикальними коливаннями автомобіля.

Комфорт руху (навантаження, яким піддаються пасажери і вантажі) та експлуатаційна безпека автомобіля (розподіл сил відносно дорожньої поверхні) значною мірою визначаються характеристиками підвіски.

Комфортабельність транспортного засобу в основному визначається плавністю коливань кузова.

Колівання осі значною мірою визначають безпеку руху автомобіля. Монтовані до кузова пружини і демпфери здійснюють вплив на кутові коливання навколо поперечної і поздовжньої осей кузова автомобіля, а також на характеристики вертикальних вібрацій.

Кутове коливання навколо поперечної осі пов'язане з розгоном або гальмуванням автомобіля. Кутове коливання відносно поздовжньої осі виникає у відповідь на спрацьовування рульового керування.

Стабілізатори поперечної стійкості на передній і задній осях зменшують такий вплив.

Електронні системи автоматичного керування підвіскою призначені для підвищення безпеки і комфортабельності автомобіля шляхом автоматичної зміни пружності ресор і опору амортизаторів.

Ці багатофункціональні системи забезпечують:

- пом'якшення ударів, які сприймаються колесами при русі;
- регулювання положення кузова по висоті;
- динамічну стабільність кузова як при рівномірному, так і при нерівномірному русі;
- створення максимального комфорту;
- збереження горизонтального положення кузова.

3.5 Діагностика та обслуговування електронних систем управління гальмами автомобіля

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.

Основними компонентами АБС є: гідромодулятор; датчики швидкості обертання коліс; електронний блок керування.

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 без АБС;

- 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.

Незалежно від конструкції АБС має складатися з таких елементів:

- датчики, функцією яких є видача інформації, в залежності від прийнятої системи регулювання, про кутову швидкість колеса, тиск робочого тіла гальмівному приводі, сповільнення автомобіля та ін.;

- блок керування, зазвичай електронний, куди поступає інформація від датчиків, який після логічної обробки отриманої інформації дає команду виконуючим механізмам;

- виконуючі механізми, (модулятори тиску), які в залежності від отриманої з блока керування команди, знижують, підвищують чи підтримують на постійному рівні тиск в гальмівному приводі коліс.

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою ABS – циклічний.

Пов'язано це з інерційністю самого колеса, приводу, а також елементів ABS.

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.

Розглянемо деякі варіанти систем АБС, що є найбільш поширеними [5].

Чотириканальна система (варіанти 1, 2). Допускає окремий контроль тиску в двоконтурних системах зі з'єднанням по мостах (схема 1) та з

діагональним з'єднанням (схема 2).

При гальмуванні на дорожньому покритті з різними коефіцієнтами зчеплення зліва і справа („мікст”) повинні застосовуватися заходи для забезпечення відсутності моменту відносно вертикальної осі, який може призвести до втрати курсової стійкості автомобіля.

Триканальна система (варіант 3).

Момент розвороту під час гальмування на дорожніх покриттях типу „мікст” зменшений так, що легкові автомобілі з довгою базою і великим моментом інерції відносно вертикальної осі не втрачають курсової стійкості і керованості.

Двоканальні системи (варіанти 4, 5, 6).

Ці системи, з одного боку, мають менше число компонентів, ніж триканальні і чотириканальні, що робить їх менш дорогими.

З іншої сторони виникає деяка кількість функціональних обмежень. У варіанті 4 при високопороговому регулюванні переднє колесо з більш високим коефіцієнтом зчеплення визначає тиск, що підводиться до обох передніх коліс.

У даному випадку при екстремому гальмуванні виникає блокування одного з передніх коліс. Це супроводжується збільшенням зносу шин і погіршенням керованості.

При використанні варіанта 5, таке трапляється, коли колесо передньої осі, яке контролюється, має більш високий коефіцієнт зчеплення, ніж на неконтрольованому.

У варіанті 6 тиск, що підводиться до передніх коліс, регулюється окремо, а на кожному задньому колесі – спільно, відповідно до передніх.

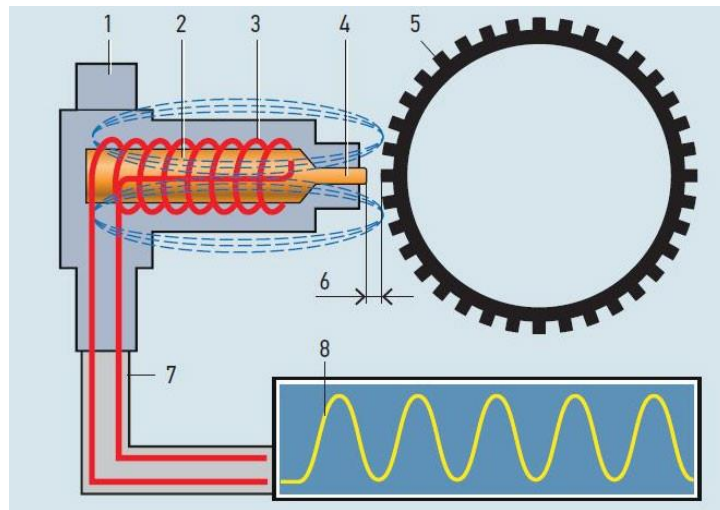
Через необхідність створення перерозподілу гальмівної сили з заднього моста на передній, з метою запобігання блокуванню задніх коліс, дана система забезпечує більш низькі рівні сповільнення, ніж три чи чотириканальні.

Датчики АБС - види та діагностика несправностей.

Автомобільна електроніка має фундаментальне значення з погляду безпеки водіння. Важливу роль цьому контексті грає система ABS/ESP. Одним з її елементів є датчики ABS: пасивні та активні.

Однак його визначенню має передувати безліч діагностичних тестів, щоб унеможливити вихід з ладу інших компонентів.

Пасивний "індуктивний" датчик (рис. 3.6).



1 – датчик швидкості колеса; 2 – постійний магніт; 3 – котушка; 4 – залізний сердечник; 5 – імпульсний ротор; 6 – зазор; 7 – підключення до модуля АБС; 8 – сигнал від датчика

Рисунок 3.6 – Схема діагностування пасивного датчика

У перші роки експлуатації систем АБС було достатньо, коли датчики коліс видавали сигнал з досягнення швидкості приблизно 7 км/ч. Після АБС була розширена додатковими функціями, такими як: ASR, EDS і ESP, стало необхідно, щоб конструкція могла передавати повноцінний сигнал. Пасивні датчики були вдосконалені, щоб вони могли діагностувати швидкість від 3 км/год, але це була межа їх можливостей.

Індуктивні датчики ABS є не що інше, як котушка, намотана на феромагнітний сердечник. Такий датчик встановлюється безпосередньо над імпульсним кільцем, з'єднаним з матчиною колеса, напіввіссю або диском з вбудованим підшипником та кільцем ABS. Обертання зубчастого кільця впливає на магнітне поле, створюване осердям датчика. Потім магнітне поле, що змінюється, індукує напругу в обмотці, яку можна виміряти. Перевіривши такий датчик осцилографом, ми можемо спостерігати синусоїдальну амплітуду, яка вимагає перетворення прямокутний сигнал.

У зв'язку з тим, що пасивні датчики зазвичай більші, менш точні і спрацьовують тільки при досягненні колесом певної мінімальної швидкості обертання їх застосовують досить рідко. Після 2002 року більшість автомобілів, що випускаються, оснащується т.зв. активні датчики. Вихідний сигнал таких датчиків відразу прямокутний і обробки не потребує. Так у чому полягає їхня дія?

Активний датчик (рис. 3.7).

Активні датчики нового покоління вперше діагностують швидкість із 0 км/год.

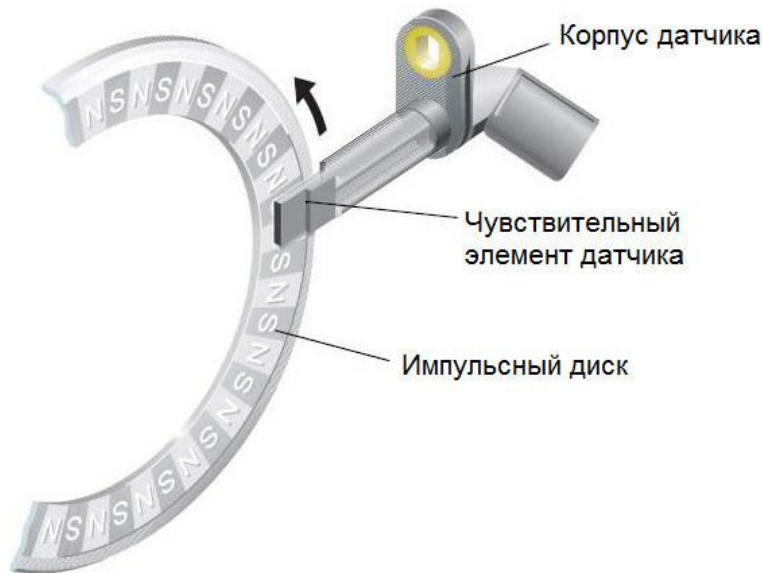


Рисунок 3.7 - Активный датчик

Якщо ви порівняєте дві системи датчиків, то побачите, що пасивні датчики, що використовуються досі, генерували синусоїдальний сигнал. Контролери АБС обробили цей сигнал прямокутний сигнал, тому що тільки такі сигнали дозволяють контролерам виконувати необхідні обчислення. Саме це завдання контролерів АБС – обробку прямокутних синусоїдальних сигналів – делегували активному колісному датчику.

Це означає, що активний датчик видає прямокутний сигнал, який безпосередньо використовується блоком керування АБС для необхідних розрахунків. Значення сигналу датчика по тангажу, швидкості обертання коліс та швидкості автомобіля залишається незмінним.

Датчики із вбудованою електронною схемою (так звані активні датчики) живляться від контролера АБС.

Магніторезистивні датчики працюють у парі з багатополлярним (магнітним) кільцем, а більш складному варіанті датчики Холла працюють

додатково зі сталевим імпульсним кільцем. У разі взаємодії із сталевим кільцем на датчику Холла розміщується додатковий магніт. Шестерня, що обертається, викликає зміну магнітного поля в датчику. Сигнал не залежить від часу обертання колеса, що є основною перевагою датчиків Холла. Вони реагують навіть на найменші зміни магнітного поля, завдяки чому дуже точні та на відміну від індуктивних датчиків, вимірюють сигнал практично з початку руху транспортного засобу.

Види несправностей та діагностування датчиків АБС (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Пристрій для діагностування датчиків АБС

Вихід з ладу датчиків АБС зазвичай проявляється: спрацюванням контрольної лампи АБС на панелі приладів, блокуванням коліс при гальмуванні, відсутністю роботи систем стабілізації і генерованими в результаті кодами несправностей. Причинами відмови зазвичай є обрив ланцюга, коротке замикання, пошкодження зовнішнього датчика або

імпульсного колеса, а також сильне забруднення, що перешкоджає проходженню сигналу. Адже датчик розміщується в зоні, що піддається впливу пилу, води або бруду. Однак варто пам'ятати, що несправність датчика ABS може бути наслідком несправності інших компонентів, наприклад надмірного люфту в ступичному підшипнику.

Діагностика має починатися з візуального огляду механічних вузлів та кабелів. Вони можуть спричинити несправність датчиків ABS. Також варто перевірити запобіжники, які відповідають за цю систему. Якщо все гаразд, наступним кроком буде сканування за допомогою діагностичного пристрою на наявність системних помилок ABS/ESP. За допомогою діагностичного тестера ми можемо порівняти сигнали кожного датчика. Потім, залежно від типу датчика, що використовується: у випадку індуктивного виміряйте мультиметром його опір; та при активному датчику перевірте напругу живлення.

Варто зазначити, що сам активний датчик можна перевірити лише тестером або осцилографом, мультиметр зашкодить цей тип датчика. Якщо все в нормі, пам'ятайте – заміна датчика ABS повинна виконуватись відповідно до рекомендацій виробника автомобіля.

Система регулювання гальмівних зусиль (electronic stability program (ESP) - вона ж VDC, VSC, DSC, ATTS, VSA) - найбільш складний пристрій, який керує роботою антиблокувальної та антипробуксовної систем, контролює тягу і керує дросельною заслінкою.

Блок електронного керування використовує інформацію від датчиків, які відслідковують роботу двигуна і трансмісії, швидкість обертання кожного колеса, тиск в гальмовій системі, кут повороту руля, поперечне

прискорення.

Ситуація оцінюється, обчислюється зусилля гальмування для кожного колеса, виконавчі механізми отримують команду.

Процесор ESP пов'язаний з блоком електронного керування двигуном, що дозволяє коректувати потужність та оберти колінчатого валу.

На відміну від АБС, TCS і ESP повністю електронні системи (електрогідравлічні чи електропневматичні гальма) можуть створювати тиск в колісних циліндрах незалежно від дій водія.

В цих системах електронний важіль гальма не створює тиск в приводі, а лише діє на датчики, які передають сигнал електронному блоку керування (ЕБК).

В свою чергу, ЕБК направляє цей сигнал на колісні модулятори. Модулятори регулюють гальмівне зусилля на кожному колесі окремо, причому конструкція виконавчих механізмів аналогічна гальмовим пристроям АБС.

Необхідний робочий тиск створюється модулятором тиску.

З метою підвищення безпеки при будь-яких несправностях в системі гальмівний тиск може бути створений, як звичайно, в гальмівному контурі з головним гальмівним циліндром.

В автомобіль, оснащений таким обладнанням, можуть бути вбудовані крім АБС, TCS і ESP, ще й системи адаптивного круїз-контролю та автоматичного паркування.

3.6 Вдосконалення процесу технічного обслуговування автомобілів з використанням дистанційної електронної діагностики

Сучасний автомобіль окрім складності його механічних систем, характеризується ще й складною електронікою, що має достатню потужність для обробки великих масивів даних.

Варто лише відмітити, що в автомобілях, які зараз сходять з конвеєрів, налічується від 30 до 100 окремих комп'ютерів, які контролюють роботу майже всіх систем.

На певному етапі розвитку електронних систем в автомобілі виробники вирішили зв'язати їх у єдину мережу, що дало змогу компонентам електронної мережі в автомобілі обмінюватися даними для ефективнішої взаємодії.

Впровадження єдиної шини обміну даними (CAN) дозволило відмовитися від великої кількості окремих дротів і суттєво зменшити об'єм електропроводки та, що важливіше, забезпечило взаємодію всіх електронних пристроїв для ефективнішої роботи.

В бортовій мережі CAN є декілька точок консолідації даних для подальшої обробки. Але виникає проблема, що ці дані використовуються тільки для внутрішніх потреб електронних систем, і не доступні для аналізу і розбору, як статистичні. Бортова електронна мережа не має спеціалізованих пристроїв зберігання маршрутної, експлуатаційної та технічної інформації, які б давали можливість періодично зчитувати експлуатаційні дані.

Також, як наслідок, відсутня можливість оперативно діагностувати

несправності та вживати заходи з їх усунення. Як недолік сучасних принципів та стратегій діагностики електронних систем автомобіля та подальшого технічного обслуговування, спостерігається незадовільний зворотний зв'язок за результатами діагностики, даним по процесу експлуатації, несправностях.

Хоча будова сучасної автомобільної електронної мережі дає можливість накопичувати данні про стан більшості систем та агрегатів автомобіля. Ця проблема є актуальною, потребує розробки стратегії технічного обслуговування, що ґрунтується на оперативному реагуванні на виявлені несправності, використовуючи сучасні методи дистанційної електронної діагностики, прийняття заходів згідно з фактичним технічним станом автомобіля.

Наявність в автомобілів великої кількості різноманітних електронних блоків керування дає змогу користуватися параметрами роботи його систем, які збирають і обробляють отриману діагностичну інформацію [3-7].

Отже, щоб найефективніше використовувати цю інформацію, необхідно адаптувати процес технічного обслуговування автомобілів під сучасний рівень розвитку автомобільних електронних систем. Останнім часом ведуться активні дослідження з впровадження інновацій в сфері дистанційної електронної діагностики автомобіля.

Розробляється програмне забезпечення для комп'ютерної електронної діагностики автомобіля [3-5], удосконалюються відповідні діагностичні пристрої. Все частіше технології, що до цього використовувалися тільки в автоспорті і вважалися надскладними,

застосовуються у виробництві масових машин для повсякденного вжитку.

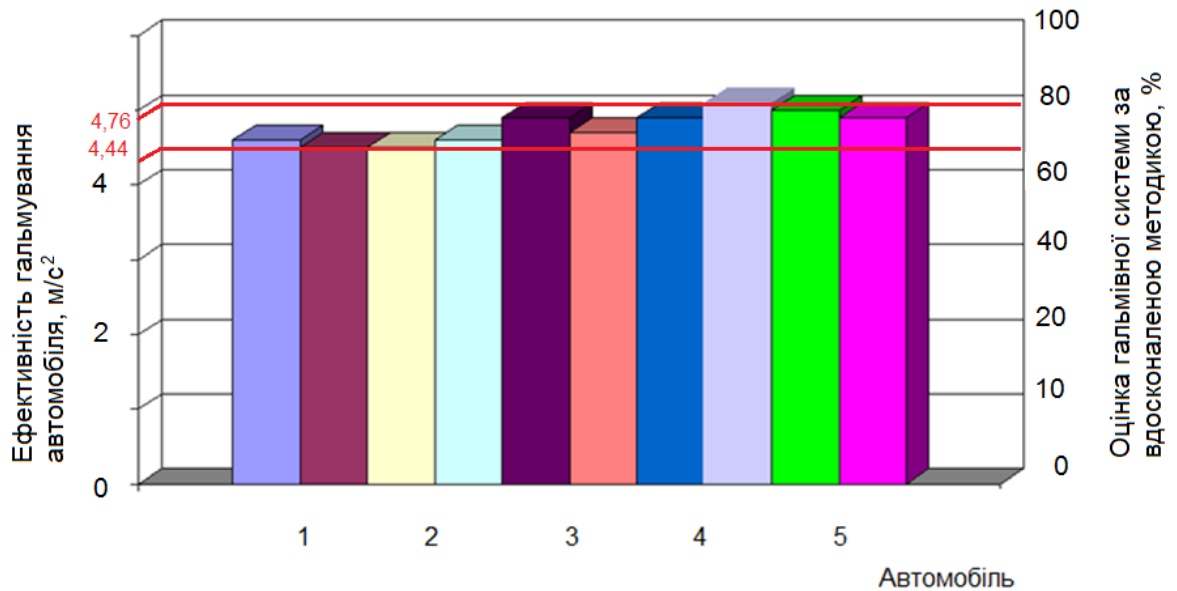
Проводяться активні дослідження у сфері дистанційної діагностики [3-5] відомими світовими виробниками автомобільної електроніки та телеметричних систем для автоспорту, такими як Magneti Marelli та TEXA.

Подальшої розробки набувають пристрої, що забезпечують дистанційний обмін даними між автомобілем та сервісним центром. Проте, з розглянутої проблеми дослідження ведуться умовно за двома окремими напрямками: електронна діагностика автомобіля [4] та процеси технічного обслуговування [3], а загальна стратегія, що використовується у ТО та ремонту, переважно має планово-попереджувальний характер.

В сучасних умовах експлуатації та сучасних можливостях електронної діагностики, зокрема дистанційної, це є недоцільним. Крім того, дослідження в сфері електронної діагностики не охоплюють можливості її глибокої інтеграції в технічне обслуговування автомобіля.

Розглянувши сучасні розробки в сфері дистанційної діагностики, можна виділити декілька систем, що наділені найбільшими функціональними можливостями. Перед усім, це система компанії TEXA.

На рис. 3.9 показано результати роботи програми електронної дистанційної діагностики гальм автомобіля, що дає можливість фахівцям сервісного центру отримувати інформацію про стан автомобіля у реальному часі по каналах GPRS, Wi-Fi або 3G.



1 - Audi, 2 - Mercedes, 3 - Ford, 4 - Skoda, 5 - Opel

Рисунок 3.9 – Результати дистанційної електронної діагностики гальмівної системи автомобілів

Для цього до сервісного роз'єму в автомобілі підключається спеціальний блок-передавач, що накопичує дані про стан автомобіля та передає їх на сервер сервісного центру.

Таким чином фахівець станції технічного обслуговування (СТО) має змогу у будь-який момент часу провести діагностику автомобіля, майже у тому ж обсязі, як і під час діагностування на СТО.

Окрім цього система дає можливість не тільки зчитувати коди помилок, але і вносити корективи у програми керування електронних блоків автомобіля.

Для прикладу розглянемо ситуацію, за якої певна несправність

зумовлює появу помилки в блоці керування двигуном, внаслідок якої він переходить в аварійний режим. В цьому разі двигун буде працювати на мінімумі потужності, вентилятор системи охолодження буде постійно увімкнений, а рух автомобіля буде можливий на швидкості до 40 км/год або ж двигун взагалі не запуститься. Така ситуація може виникнути і на значній відстані від найближчого сервісного центру, проте завдяки системі дистанційної діагностики, фахівець сервісного центру матиме змогу точно визначити причину поломки, дати рекомендації з її усунення на найближчій СТО та навіть дистанційно на короткий час розблокувати роботу двигуна, якщо це не спричинить серйознішого пошкодження, що, в свою чергу, дасть можливість власнику автомобіля дістатися до найближчої СТО.

Завдяки тому, що прилад по шині CAN отримує комплексні данні про стан систем автомобіля, вірогідність точного визначення несправності складає до 90%. Окрім двигуна, система має можливість діагностувати та керувати і іншими системами автомобіля такими як автоматична коробка передач, системи курсової стійкості, є можливість, наприклад, запустити систему самоочищення сажового фільтра дизельного двигуна тощо. Варто зазначити, що в Європі з 2015 року неможливо буде зареєструвати новий автомобіль, не обладнаний телеметричним блоком, який у випадку серйозної аварії автоматично викличе допомогу.

Окрім використання TMD2, виключно як телеметричної дистанційної електронної діагностики, можливе використання її даних як базу даних для керування експлуатаційним процесом сучасних автотранспортних підприємств (АТП).

Можливості системи дозволять зробити процес обслуговування гнучкішим, спланувати графік технічного обслуговування та його регламент, спираючись на данні телеметрії, які надає ця система.

3.7 Висновки з розділу 3

Наведено принцип роботи дистанційної діагностичної системи, її основні можливості.

На основі дослідження статистичних даних виявлено недоліки в регламенті процесу технічного обслуговування автомобілів.

Показано, що алгоритм технічного обслуговування автомобіля спирається більшою мірою на затвержені регламенти технічного обслуговування автомобіля, але не враховує особливостей його експлуатації та ремонту, що в свою чергу, знижує ефективність проведення технічного обслуговування.

Можливості системи дозволять зробити процес обслуговування гнучкішим, спланувати графік технічного обслуговування та його регламент, спираючись на данні телеметрії, які надає ця система. Таким чином, можна перейти від застарілої планово-попереджувальної стратегії технічного обслуговування (ТО) і ремонту автомобілів до сучасної адаптивної.

Доведено, що застосування методів дистанційної електронної діагностики в процесі технічного обслуговування дає змогу підлаштовувати графік і регламент технічного обслуговування та перейти від планово-попереджувальної до адаптивної стратегії ТО і ремонту.

ВИСНОВКИ

В роботі отримано нові рішення актуальної проблеми діагностування основних компонентів електронних систем керування легкових автомобілів, зокрема процесом гальмування.

1. На підставі аналізу сучасних систем дистанційної електронної діагностики автомобілів та програмних засобів, що використовуються при цьому, було встановлено:

- використання дистанційної електронної діагностики дозволить зменшити час, необхідний для проведення ремонту автомобіля, за рахунок попереднього визначення несправності та підготовки сервісного центру до ремонту на момент заїзду автомобіля;

- дистанційної електронної діагностики дозволяє знизити ймовірність того, що автомобіль буде не здатний продовжувати рух з причин, викликаних хибними помилками в його блоках керування;

- дистанційної електронної діагностики дає можливість фахівцям дати рекомендації щодо усунення несправностей, якщо автомобіль не знаходиться поруч;

- з використанням методів дистанційної електронної діагностики на АТП, з'являється можливість на базі телеметрії заздалегідь планувати графік та регламент технічного обслуговування;

- інтеграція операцій методів електронної дистанційної діагностики в процес технічного обслуговування дозволяє перейти від планово-попереджувальної стратегії до адаптивної, з безперервним контролем за станом систем та агрегатів автомобіля, що, в свою чергу, підвищить

ефективність використання автопарку.

2. Наведено принцип роботи дистанційної діагностичної системи, її основні можливості. На основі дослідження виявлено недоліки в регламенті процесу технічного обслуговування автомобілів.

Показано, що алгоритм технічного обслуговування автомобіля спирається більшою мірою на затверджені регламенти технічного обслуговування автомобіля, але не враховує особливостей його експлуатації та ремонту, що в свою чергу, знижує ефективність проведення технічного обслуговування.

3. Доведено, що застосування методів дистанційної електронної діагностики в процесі технічного обслуговування дає змогу підлаштовувати графік і регламент технічного обслуговування та перейти від планово-попереджувальної до адаптивної стратегії ТО і ремонту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Назаров О.І., Ребров О.Є. Застосування інформаційних технологій в системах сучасних легкових автомобілів і під час сервісного обслуговування: Міжнародна науково-практична конференція до Дня автомобіліста та дорожника “Сучасне автомобілебудування, транспорт і дорожня інфраструктура ‘2025” (MAITRI 2025) ХНАДУ 30-31 жовтня 2025 року (онлайн). С. 142-145
2. Назаров О.І., Ребров О.Є. Вплив систем керування рухом транспортного засобу на процес гальмування: за матеріалами I-ої Міжнародної науково-практичної конференції «EUROPEAN SCIENCE AND INNOVATION CONGRESS», 8-10.12.2025, Барселона, Іспанія. 7 с.
3. Клименко Л. П. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами: [навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів] / Л. П. Клименко, О. Ф. Прищепов, В. І. Андреев, В. Ю. Голдун. Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. 132 с.
4. Лабораторні роботи з дисципліни «Електронні системи керування транспортними засобами»: навч. посіб. / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2022. 104 с. ISBN 978-617-529-351-5
5. Кашканов, А. А. Інформаційні комп’ютерні системи автомобільного транспорту: навчальний посібник / А. А. Кашканов, В. П. Кужель, О. Г. Грисюк. Вінниця: ВНТУ, 2010. 230 с.
6. Електрообладнання автомобілів. Методичний комплекс: ІваноФранківськ, ІФНТУНГ, 2010. 156 с.

7. Електронне та мікропроцесорне обладнання автомобілів: навч. посіб. / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. Тернопіль: ТНТУ, 2016. 209 с.
8. Аулін В.В., Панарін Д.Є. Удосконалення процесу технічного обслуговування автомобілів з використанням методів дистанційної електронної діагностики. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2014. № 4. ISSN 1997-9266.
9. Система ESP. Режим доступу <https://auto.ria.com/news/autoservice-technology/221280/chto-takoe-sistema-esp-i-zachem-ona-nuzhna.html> (дата звернення 25.11.2025)
10. Система ABS. Режим доступу <https://webshop-ua.intercars.eu/chitaite-ru/News/systema-abs-chto-to-takoe-kak-rabotaet-antyblokyrovocnaia-systema> (дата звернення 25.11.2025)
11. Обслуговування гальмівної системи. Режим доступу <https://webshop-ua.intercars.eu/chitaite-ru/News/kak-obsluzhyvat-tormoznuiu-systemu-avtomobyliia> (дата звернення 25.11.2025)
12. Основні несправності гальмівної системи. Режим доступу <https://webshop-ua.intercars.eu/chitaite-ru/News/osnovnyie-neispravnosti-tormoznoi-sistemy> (дата звернення 25.11.2025).
13. Принцип роботи EBD. Режим доступу <https://auto.ria.com/uk/terms/ebd/> (дата звернення 25.11.2025).
14. Система MSR: електронний контроль гальмування двигуном. Режим доступу: <https://translate.google.com/> (дата звернення 25.11.2025).
15. Активна система контролю тяги (MATC). Режим доступу: [https://www.google.com/search?q=Активна+система+контролю+тяги+\(MATC\)](https://www.google.com/search?q=Активна+система+контролю+тяги+(MATC)) (дата звернення 25.11.2025).

ДОДАТОК А

Ілюстративні матеріали до магістерської роботи

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Автомобільний факультет
Кафедра інжинірингу систем автомобільного транспорту ім. М.Я. Говоруценка

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ
до кваліфікаційної роботи
магістра

Вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування легкових автомобілів

Завідувач кафедри, проф., д.т.н.



Володимир ВОЛКОВ

Нормоконтролер, доц., к.т.н.



Ігор МАРМУТ

Керівник, доц., к.т.н.



Олександр НАЗАРОВ

Студент гр. А-61-24



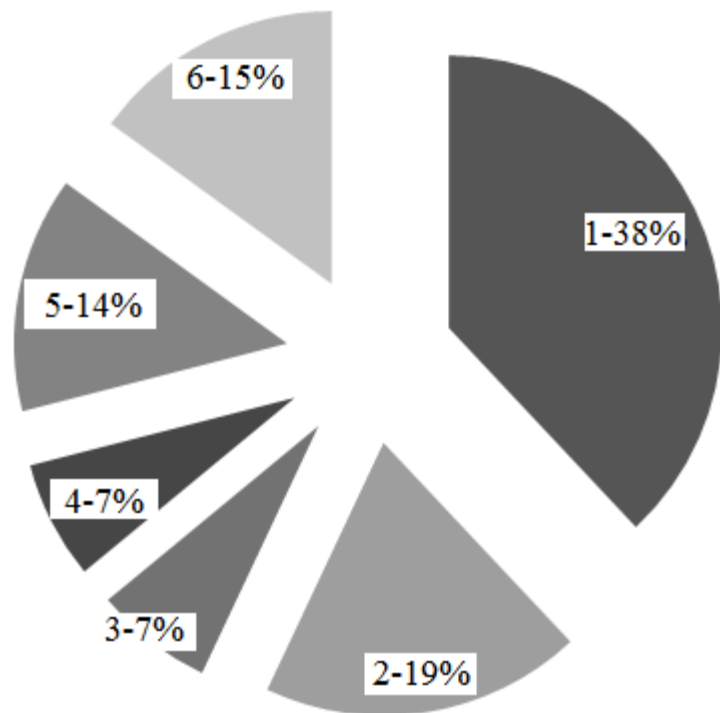
Олександр РЕБРОВ

Харків, 2025

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

| Об'єкт дослідження | процес дистанційної електронної діагностики систем легкових автомобілів в процесі експлуатації |
|---------------------|--|
| Предмет дослідження | побудова алгоритму технічного обслуговування легкових автомобілів з використанням інструментів дистанційної електронної діагностики. |
| Мета дослідження | вдосконалення методики діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування легкових автомобілів. |
| Задачі дослідження | <ul style="list-style-type: none">– проаналізувати вплив електронних систем керування рухом транспортного засобу на гальмування;– обґрунтувати умови функціонального застосування електронних гальмівних систем автомобілів;– вдосконалити методику діагностування основних компонентів електронних систем керування процесом гальмування. |
| Методи дослідження | В кваліфікаційній роботі використовувалися методи математичного моделювання та теоретичного аналізу. |

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА СУЧАСНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ



- 1 – діагностування несправності гальмівної системи;
- 2 – діагностування несправності рульового керування
- 3 – діагностування несправності ходової частини;
- 4 – діагностування несправності система освітлення і сигналізації;
- 5– діагностування контролю стабільності;
- 6 – діагностування інших несправностей.

1.1 Аналіз функціонування елементів гальмівної системи сучасного транспортного засобу

1.2 Вплив систем активної безпеки сучасних автомобілів на процес гальмування

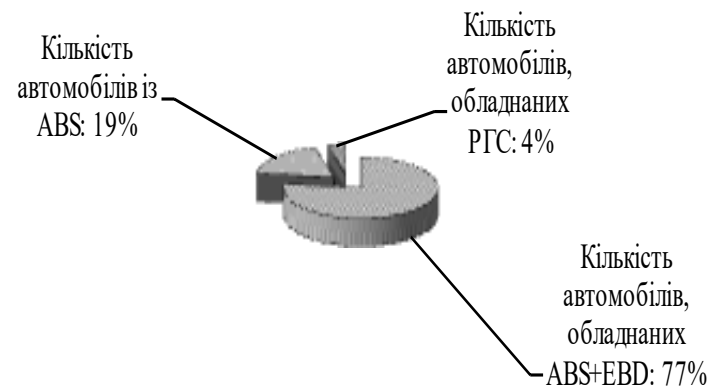
1.3 Система управління гальмуванням двигуном

1.4 Система стабілізації автомобіля

1.5 Активна система контролю тяги

1.6 Система екстреного гальмування

1.7 Динамічний контроль стабільності



ХАРАКТЕРИСТИКА

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА СУЧАСНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ

Автосканер ELM327 Bluetooth - адаптер версії 1.5



ELM327 підтримує такі протоколи OBD2: SAE J1850 PWM; SAE J1850 VPW; ISO 9141-2; ISO 14230-4; ISO 14230-4 KWP; ISO 15765-4 CAN

Мультимарочний сканер AUTOCOM CDP+

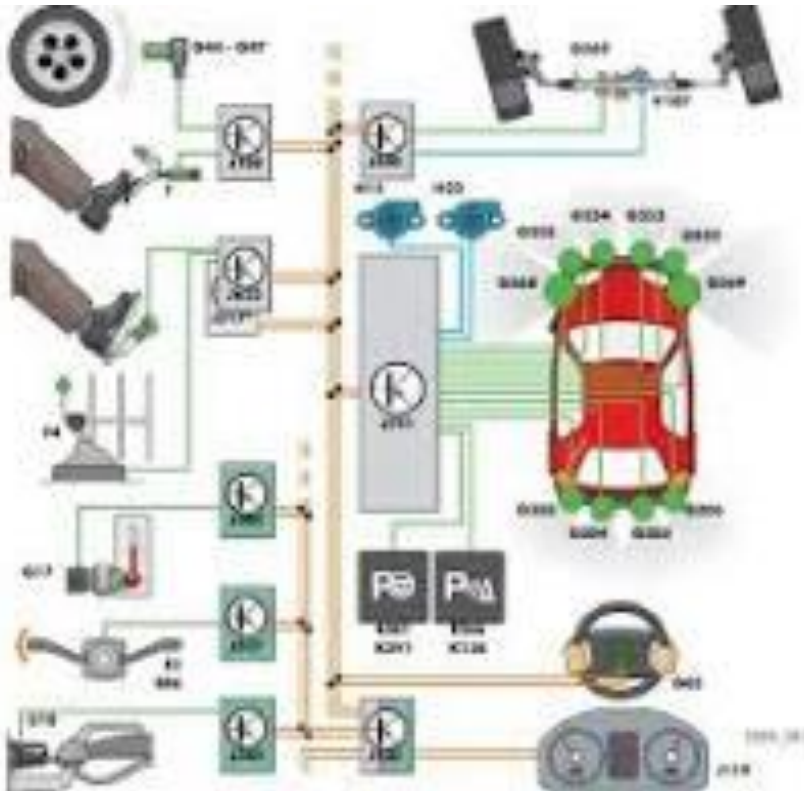


Діагностика двигуна по протоколу OBD2;
Діагностика двигуна по заводським протоколам;
Діагностика електронних систем запалювання;
Діагностика систем управління кліматом;
Діагностика імобілайзерів;
Діагностика систем управління трансмісією;
Діагностика систем ABS;
Діагностика систем SRS Airbag;
Діагностика приладової панелі і скидання сервісних інтервалів;
Діагностика систем забезпечення комфорту і пристроїв мультимедіа;
Діагностика систем кузовний електроніки;
Діагностика навігаційних вузлів, світлових вогнів.

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА СУЧАСНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ

ХАРАКТЕРИСТИКА

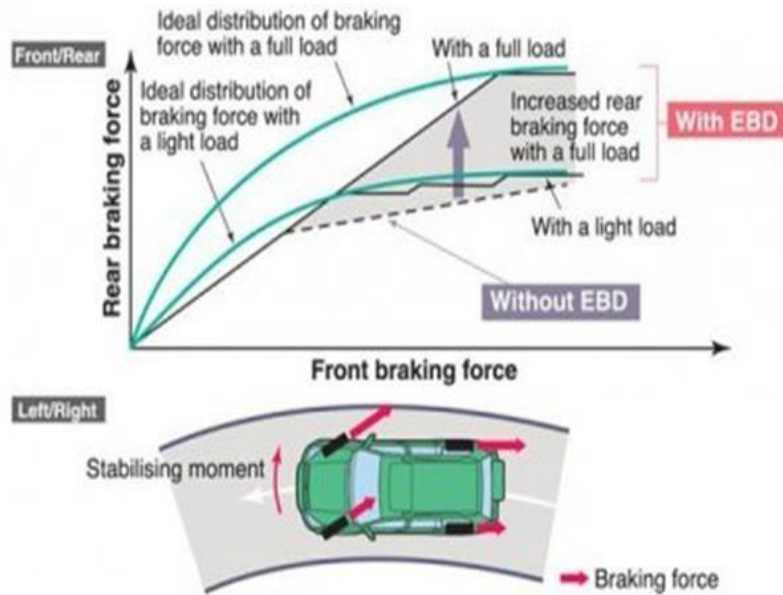
ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА СУЧАСНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ



Електронний блок керування підвіскою працює на основі сигналів, що надходять від датчиків швидкості, положення рульового колеса, інтенсивності гальмування, кута відкриття дросельної заслінки, рівня кузова та тиску в системі (рис.).

Підвищення безпеки забезпечується шляхом збільшення жорсткості підвіски при русі з великою швидкістю по хороших дорогах, що зменшує крен автомобіля при виконанні поворотів та осідання при рушанні з місця, перемиканні передач і гальмуванні

ДОСЛІДЖЕННЯ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ



$$R_{x1} = P_{T1} = \frac{M_{T1} - I_1 \cdot \dot{\omega}_1 + M_{f1}}{r_{d1}},$$

$$R_{x2} = P_{T2} = \frac{M_{T2} - I_2 \cdot \dot{\omega}_2 + M_{f2}}{r_{d2}},$$

Вповільнення
автомобіля

$$|j_a| = \frac{1}{\delta_K M_a} \left[\frac{M_{T,M} + M_f}{r_K} + \left(M_{T,D} - \frac{J_D u_{TP} |j_a|}{r_K} \right) \frac{u_{TP}}{r_K \eta_{TP}} + P_{wX} \right]$$

Умова збереження
стійкості

$$M_{T,D} > \frac{J_D u_{TP} |j_a|}{r_K}$$

ДОСЛІДЖЕННЯ КЕРОВАНОСТІ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ
ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ

$$R_{z1} = G_a \cdot \frac{b}{L} + P_{T1} \cdot \frac{h-r_{d1}}{L} + P_{T2} \frac{h-r_{d2}}{L} - P_{wx} \cdot \frac{h_w + \lambda_z \cdot b - h}{L},$$

$$R_{z2} = G_a \cdot \frac{a}{L} - P_{T1} \cdot \frac{h-r_{d1}}{L} - P_{T2} \frac{h-r_{d2}}{L} + P_{wx} \cdot \frac{h_w - \lambda_z \cdot a - h}{L}.$$

$r_{d1} = r_{d2} = r_d$ →

$$R_{z1} = G_a \cdot \left[\frac{b}{L} + Z \cdot \frac{h-r_d}{L} - \Phi_e \cdot \frac{h_w + \lambda_z \cdot b - h}{L} \right]$$

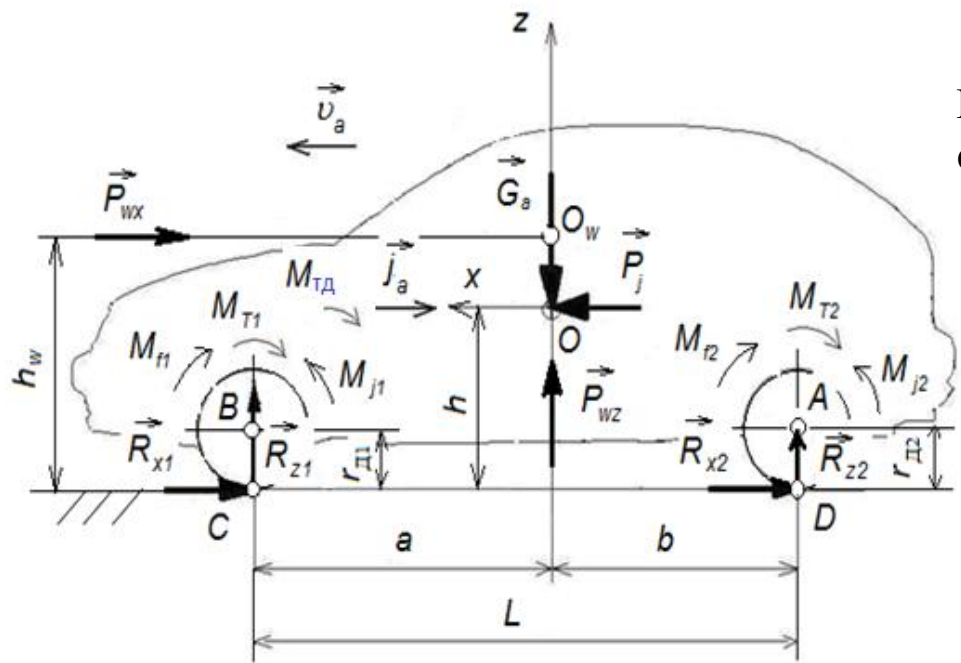
$$R_{z2} = G_a \cdot \left[\frac{a}{L} - Z \cdot \frac{h-r_d}{L} + \Phi_e \cdot \frac{h_w - \lambda_z \cdot a - h}{L} \right]$$

Умова збереження
керованості

$$\beta_d = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}} - \beta_{id} = \frac{1}{1 + P_{T2}/P_{T1}}$$

$$\ln \beta_d = - \frac{P_{T2}}{P_{T1}}$$

$$\beta_d = \exp \left(- \frac{P_{T2}}{P_{T1}} \right)$$



Рівняння гальмівного моменту для різних типів фрикційних пар

$$M_f = P_f \cdot R_i \cdot K_1 (\exp[K_2 \cdot \mu \cdot (1 - Q_i)] - \exp[-K_2 \cdot \mu \cdot Q_i]) ,$$

Існуючі критерії оцінки ефективності гальмівних механізмів:

- коефіцієнт стабільності гальмівного моменту

$$a_{ст} = \frac{M_{Tсер.}}{M_{Tmax}}$$

- коефіцієнт варіації гальмівного моменту

$$\gamma = \frac{M_{Tmin.}}{M_{Tmax}}$$

Пропонується за міру чутливості гальма до зміни коефіцієнта тертя μ брати коефіцієнт чутливості

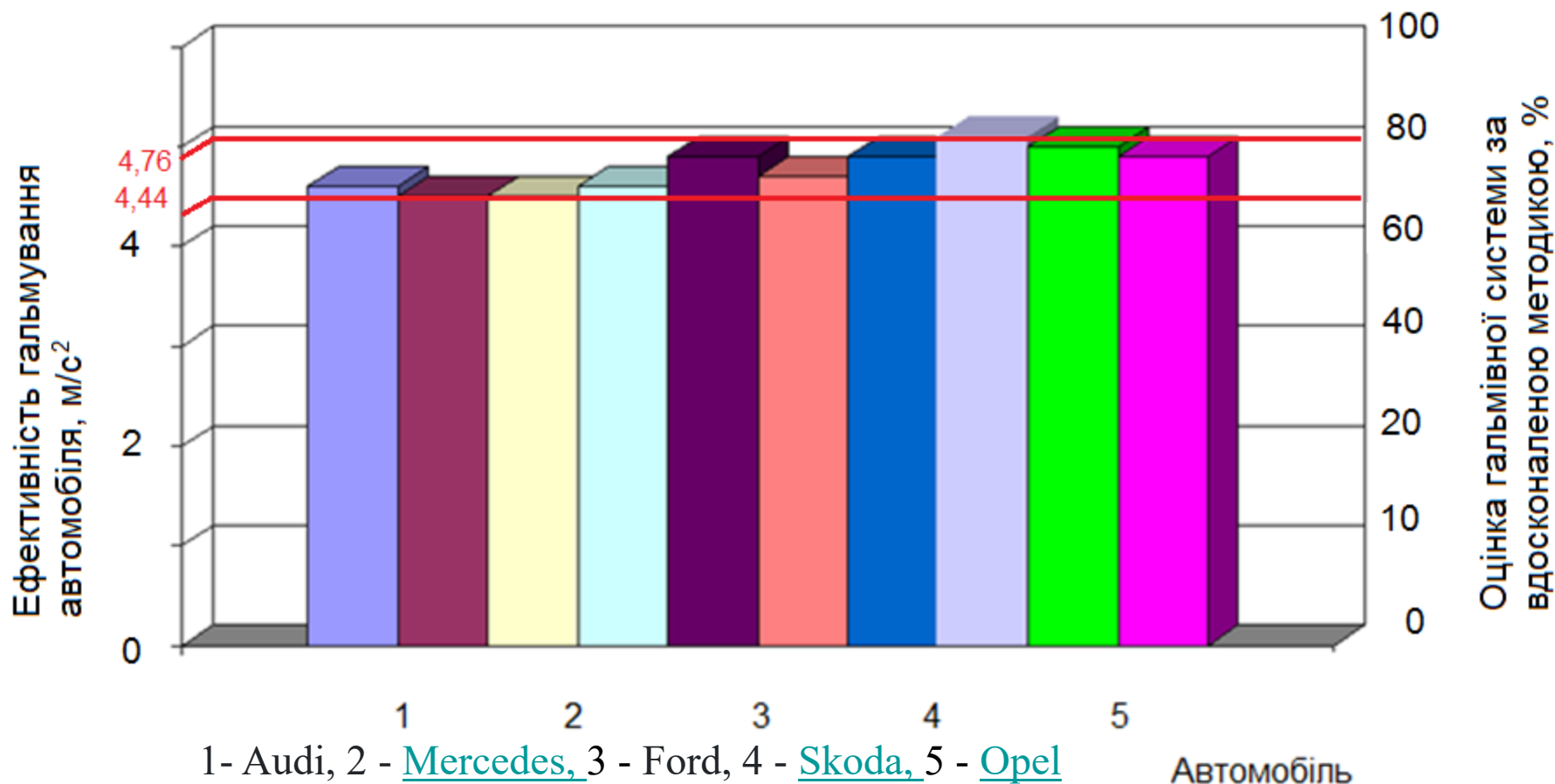
$$E = \frac{dK}{d\mu} ,$$

де K – конструктивний коефіцієнт гальмівного механізму;

Коефіцієнт ефективності системи визначати

$$\eta = \frac{dK}{d\mu} \cdot \frac{\mu}{K} = \frac{E \cdot \mu}{K} \cdot 100\% .$$

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ГАЛЬМУВАННЯ



На рисунку показано результат роботи програми дистанційної діагностики гальм досліджуваних автомобілів, що дає можливість фахівцям сервісного центру отримувати інформацію про стан автомобіля у реальному часі по каналах GPRS, Wi-Fi або 3G.

ХАРАКТЕРИСТИКА

ВДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ДІАГНОСТУВАННЯ
ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Подальшої розробки набувають пристрої, що забезпечують дистанційний обмін даними між автомобілем та сервісним центром. Розглянувши сучасні розробки в сфері дистанційної діагностики, можна виділити декілька систем, що наділені найбільшими функціональними можливостями. Перед усім, це система компанії ТЕХА.

Можливості системи дозволять зробити процес обслуговування гнучкішим, спланувати графік технічного обслуговування та його регламент, спираючись на данні телеметрії, які надає ця система.

Для цього до сервісного роз'єму в автомобілі підключається спеціальний блок-передавач, що накопичує дані про стан автомобіля та передає їх на сервер сервісного центру. Таким чином фахівець станції технічного обслуговування (СТО) має змогу у будь-який момент часу провести діагностику автомобіля, майже у тому ж обсязі, як і під час діагностування на СТО. Окрім цього система дає можливість не тільки зчитувати коди помилок, але і вносити корективи у програми керування електронних блоків автомобіля.

В роботі отримано нові рішення актуальної проблеми діагностування основних компонентів електронних систем керування легкових автомобілів, зокрема процесом гальмування.

1. На підставі аналізу сучасних систем дистанційної електронної діагностики автомобілів та програмних засобів, що використовуються при цьому, було встановлено:

- використання дистанційної електронної діагностики дозволить зменшити час, необхідний для проведення ремонту автомобіля, за рахунок попереднього визначення несправності та підготовки сервісного центру до ремонту на момент заїзду автомобіля;
- дистанційної електронної діагностики дозволяє знизити ймовірність того, що автомобіль буде не здатний продовжувати рух з причин, викликаних хибними помилками в його блоках керування;
- дистанційної електронної діагностики дає можливість фахівцям дати рекомендації щодо усунення несправностей, якщо автомобіль не знаходиться поруч;
- з використанням методів дистанційної електронної діагностики на АТП, з'являється можливість на базі телеметрії заздалегідь планувати графік та регламент технічного обслуговування;
- інтеграція операцій методів електронної дистанційної діагностики в процес технічного обслуговування дозволяє перейти від планово-попереджувальної стратегії до адаптивної, з безперервним контролем за станом систем та агрегатів автомобіля, що, в свою чергу, підвищить ефективність використання автопарку.

2. Наведено принцип роботи дистанційної діагностичної системи, її основні можливості.

На основі дослідження виявлено недоліки в регламенті процесу технічного обслуговування автомобілів.

Показано, що алгоритм технічного обслуговування автомобіля спирається більшою мірою на затверджені регламенти технічного обслуговування автомобіля, але не враховує особливостей його експлуатації та ремонту, що в свою чергу, знижує ефективність проведення технічного обслуговування.

3. Доведено, що застосування методів дистанційної електронної діагностики в процесі технічного обслуговування дає змогу підлаштувати графік і регламент технічного обслуговування та перейти від планово-попереджувальної до адаптивної стратегії ТО і ремонту.