

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

ЦИМБАЛЕНКО ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ

**ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ABS ТА ESP У
ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛЯХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТЕНДОВОГО
ДІАГНОСТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

**Кваліфікаційна робота
за спеціальністю 015.38 «Професійна освіта»
освітньо-професійна програма «Транспорт»**

Особистий підпис – _____ О. М. Цимбаленко

Науковий керівник – _____ к.е.н., доцент Н. А. Гринюк
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

Зав. кафедри – _____ к.п.н., доцент, В. В. Бурдун
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
 «ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
 ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
 РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

Затверджую:

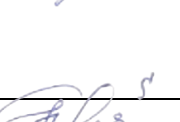
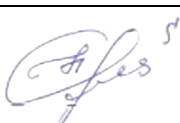
Декан факультету технологій та
 інформаційних систем

 Могильний Г.А.

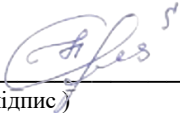
**Індивідуальний план здобувача вищої освіти
 щодо виконання кваліфікаційної роботи**

1. Цимбаленко Олександр Миколайович
 (прізвище, ім'я, по батькові здобувача)
2. Факультет технологій та інформаційних систем
3. Спеціальність «Професійна освіта. Транспорт»
4. Кафедра професійної освіти ресторанного і туристичного бізнесу
5. Науковий керівник Гринюк Наталія Андріївна, к.е.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
6. Тема кваліфікаційної роботи
Дослідження системи діагностики ABS та ESP у легкових автомобілях із застосуванням стендового діагностичного обладнання
7. Термін подання роботи на кафедру 08.05.2026 р.

№	Заходи	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Вибір теми кваліфікаційної роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми й керівника.	10.10.2025	
2.	Розробка плану роботи, визначення мети, завдань, об'єкту, предмету, методів дослідження.	14.11.2025	
3.	Робота над теоретичною частиною кваліфікаційної роботи, аналіз літературних джерел.	05.12.2025	

4.	Подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи для першого читання науковим керівником.	19.12.2025	
5.	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника, подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи на друге читання.	16.01.2026	
6.	Розробка технологічної і конструкторської частин роботи. Поетапний аналіз та обговорення результатів дослідної роботи.	30.01.2026	
7.	Подання першого варіанта дослідної частини кваліфікаційної роботи на перевірку науковому керівникові.	20.02.2026	
8.	Урахування рекомендацій наукового керівника, збагачення роботи додатковими дослідженнями, проведеними під час практики, підготовка варіанта роботи до попереднього захисту роботи на кафедрі.	06.03.2026	
9.	Попередній захист роботи на кафедрі.	20.03.2026	
10.	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням рекомендацій після попереднього захисту роботи на кафедрі.	03.04.2026	
11.	Подання кваліфікаційної роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку й рецензії.	17.04.2026	
12.	Подання на кафедру остаточного варіанта кваліфікаційної роботи, підписаного випускником, науковим керівником і рецензентом.	08.05.2026	

Здобувач вищої освіти _____ Цимбаленко О. М.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  _____ Гринюк Н. А.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Дослідження системи діагностики ABS та ESP у легкових автомобілях із застосуванням стендового діагностичного обладнання.» виконана на 65 сторінках пояснювальної записки з використанням 20 літературних джерел.

У роботі розглянуто питання:

- розглянуто загальну характеристику систем активної безпеки автомобіля;
- проведено аналіз взаємодії систем ABS і ESP для підвищення безпеки руху автомобіля;
- проведено аналіз існуючих конструкцій стендів для діагностики гальмівних систем ABS і ESP легкових автомобілів;
- розроблено конструкцію діагностичного стенда;
- проведено розрахунки, що забезпечують обґрунтування працездатності та надійності розробленої конструкції.

Системи ABS та ESP є ключовими елементами активної безпеки сучасних легкових автомобілів. Вони забезпечують збереження керованості та стійкості транспортного засобу в складних дорожніх умовах і при екстремому гальмуванні. Ефективність роботи цих систем значною мірою залежить від їх технічного стану та своєчасної діагностики. Застосування стендового діагностичного обладнання дозволяє виконувати комплексну перевірку ABS та ESP в умовах, максимально наближених до реальної експлуатації. Такі стенди забезпечують точне вимірювання параметрів роботи гідравлічних та електронних компонентів, а також дають змогу виявляти приховані несправності. Використання стендової діагностики підвищує достовірність результатів перевірки та скорочує час технічного обслуговування.

Ключові слова: ABS/ ESP, стендове діагностичне обладнання, діагностика гальмівної системи.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I ТЕОРЕТИЧНИЙ	7
1.1. Загальна характеристика систем активної безпеки автомобіля	7
1.2 Датчики, виконавчі механізми та взаємозв'язок систем ABS та ESP для підвищення безпеки руху.	13
1.3 Типові несправності систем ABS та ESP.	19
Висновки до розділу I.....	20
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	21
2.1 Аналіз конструкцій стендів і особливостей проведення випробувань гальмівних систем ABS та ESP автомобілів.	21
2.2. Модель системи АПТКС для аналізу функціонування гальмівної системи ABS, на роликовому стенді.	28
2.3 Методи впровадження вузького (ANI) та розширеного штучного інтелекту (AGI) в системах активної безпеки транспортних засобів.	33
Висновки до розділу II.....	39
РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	40
3.1 Розробка діагностичного стенду та його функціональних можливостей.	40
3.2 Розрахунок головних конструктивних елементів стенда.	47
3.3 Удосконалення конструкції діагностичного стенду для вимірювання та діагностики гальмівних систем ABS та ESP.....	50
Висновки до розділу III	55
РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
4.1 Загальні вимоги охорони праці при діагностиці автомобільних систем.	56
4.2 Електробезпека під час діагностичних робіт.	59
4.3 Пожежна безпека в діагностичній зоні.	60
Висновки до розділу IV	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ВСТУП

Сучасний легковий автомобіль оснащується великою кількістю електронних систем, які забезпечують безпеку руху, комфорт водія та стабільність керування транспортним засобом. Одними з найважливіших систем активної безпеки є антиблокувальна система гальм (ABS) та система курсової стійкості (ESP). Їх робота спрямована на підвищення керованості автомобіля під час гальмування, руху на слизькій дорозі, проходження поворотів та виникнення аварійних ситуацій.

Система ABS запобігає блокуванню коліс під час різкого гальмування, що дозволяє водієві зберігати контроль над автомобілем. Система ESP контролює стійкість автомобіля під час руху та допомагає уникнути заносу шляхом автоматичного підгальмовування окремих коліс і коригування роботи двигуна. Спільна робота цих систем значно підвищує рівень безпеки дорожнього руху.

Через складність електронних компонентів і наявність великої кількості датчиків виникає необхідність у точній та швидкій діагностиці несправностей. Несправності в роботі ABS та ESP можуть призводити до погіршення ефективності гальмування, втрати стійкості автомобіля та появи помилок у електронному блоці керування.

Саме тому сучасні станції технічного обслуговування використовують спеціальне стендове діагностичне обладнання, яке дозволяє перевіряти технічний стан систем, визначати несправності та контролювати правильність роботи окремих елементів.

Своєчасне виявлення несправностей дозволяє запобігти аварійним ситуаціям, підвищити надійність роботи систем активної безпеки та забезпечити стабільну експлуатацію автомобіля в різних умовах руху.

РОЗДІЛ І ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1. Загальна характеристика систем активної безпеки автомобіля

Активна безпека автомобіля являє собою комплекс конструктивних і експлуатаційних заходів, спрямованих на зниження ризику виникнення дорожньо-транспортних пригод та усунення причин, що можуть призвести до аварійних ситуацій. Протягом останніх років провідні світові автовиробники активно впроваджують новітні системи активної безпеки.

Розроблення та вдосконалення таких систем є одним із найважливіших напрямів сучасного автомобілебудування, оскільки технології, що дозволяють попередити аварію, мають значно більшу ефективність порівняно з пасивними засобами захисту, які діють уже під час дорожньо-транспортної пригоди.

До систем активної безпеки автомобіля належать електронні асистенти різного призначення, які забезпечують допомогу водієві під час перестроювання, утримання автомобіля у смузі руху, паркування, а також включають адаптивний круїз-контроль, системи розпізнавання дорожніх знаків і контролю втоми водія.

Також до них відносять системи машинного зору, що працюють на основі камер, лідарів і радарів різних діапазонів. Важливу роль у забезпеченні безпеки виконують допоміжні гальмівні системи, серед яких ABS, AEB, ACC, BAS, ESC/ESP та інші сучасні електронні комплекси.

Антиблокувальна система (ABS) є однією з перших систем активної безпеки автомобіля. У сучасних легкових автомобілях вона функціонує спільно з системою електронної стабілізації та системою розподілу гальмівного зусилля, формуючи базовий комплекс активної безпеки транспортного засобу. Принцип роботи антиблокувальної системи (ABS) показано на рисунку 1.1.

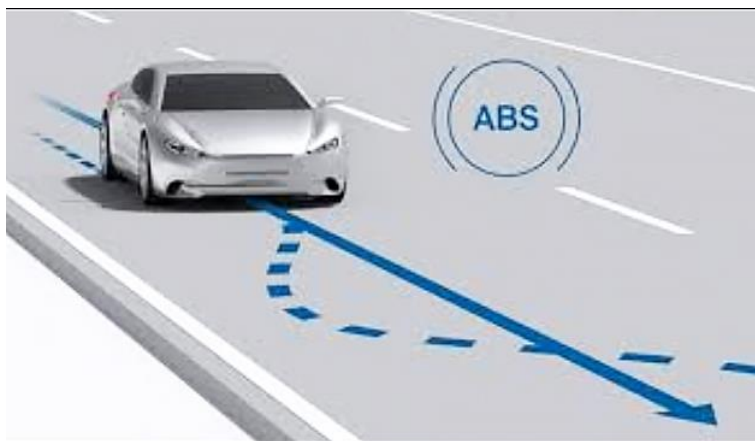


Рис. 1.1. Принцип роботи антиблокувальної системи.

Система АЕВ використовує дані з комплексу датчиків, таких як радар, камера або їх комбінація, для постійного моніторингу дорожньої обстановки попереду автомобіля. У разі виявлення критичного зменшення дистанції до перешкоди система спочатку подає попереджувальний сигнал водієві, а за відсутності реакції автоматично активує гальмівну систему з метою уникнення зіткнення або зменшення його наслідків.

Ефективність роботи АЕВ безпосередньо залежить від точності вимірювання відстані та швидкості зближення з об'єктом, а також від коректної взаємодії з іншими системами активної безпеки, зокрема ABS та ESP. У сучасних автомобілях ці системи інтегровані в єдиний електронний комплекс керування, що забезпечує більш стабільну та прогнозовану поведінку транспортного засобу в екстрених ситуаціях.

Варто зазначити, що ABS, ESP та АЕВ функціонують як взаємодоповнюючі компоненти системи активної безпеки: ABS запобігає блокуванню коліс, ESP коригує траєкторію руху автомобіля, а АЕВ ініціює автоматичне гальмування у разі загрози зіткнення (рис. 1.2).

Така інтеграція дозволяє суттєво підвищити загальний рівень безпеки руху та знизити ймовірність дорожньо-транспортних пригод.

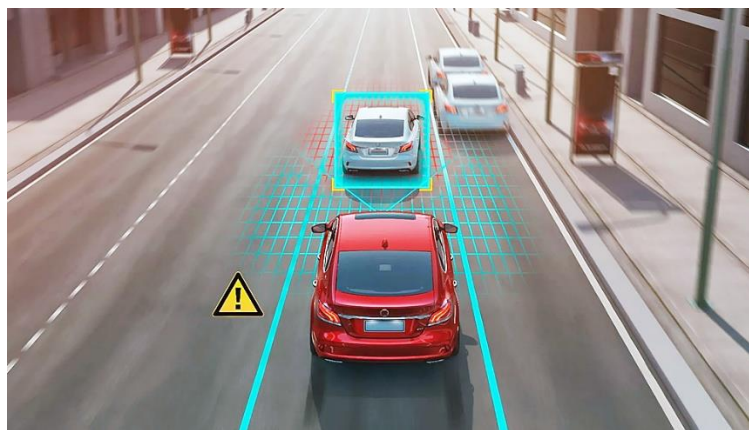


Рис. 1.2. Робота системи запобігання зіткненням.

Система використовує комплекс датчиків для моніторингу ситуації перед автомобілем:

- радари вимірюють відстань та швидкість об'єктів попереду.
- камери ідентифікують типи об'єктів (автомобілі, пішоходи, велосипедисти).
- лідари забезпечують високоточне сканування простору (в дорожніх моделях).

Система АЕВ включає дві основні підсистеми: систему автоматичного екстреного гальмування при неминучому зіткненні (СІВ) та динамічну систему підтримки гальмування (DBS).

Система СІВ активується у випадку загрози зіткнення, зокрема при наїзді ззаду, якщо водій не реагує на небезпечну ситуацію, і самостійно здійснює гальмування транспортного засобу. У свою чергу, система DBS підсилює гальмівне зусилля водія у випадках, коли натискання на педаль гальма є недостатнім для уникнення аварії.

Адаптивний круїз-контроль (ACC) регулює швидкість автомобіля таким чином, щоб завжди дотримуватися безпечної відстані до авто, що йде попереду (рис. 1.3).

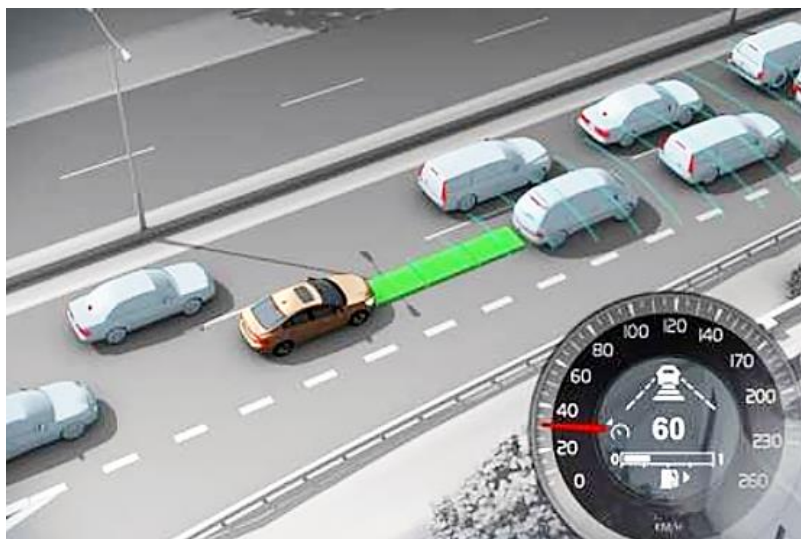


Рис. 1.3. Контроль безпечної відстані за допомогою (ACC).

Система складається з трьох основних вузлів.

- фронтальні датчики, які зазвичай встановлюються у передньому бампері або рідше за решіткою радіатора. Вони виконують функцію «зору» системи, тому їхній стан має бути чистим від снігу, бруду чи інших забруднень, оскільки це безпосередньо впливає на точність роботи та ефективність усього комплексу;
- додаткові сенсори, що визначають параметри руху автомобіля. Вони фіксують, чи рухається транспортний засіб прямо, вгору або вниз, який кут повороту керма, яка передача увімкнена в коробці передач, а також можуть враховувати дані дорожньої розмітки та дорожніх знаків;
- електронний блок керування, який є «мозком» адаптивного круїз-контролю. Саме він обробляє всю отриману інформацію та формує керуючі сигнали;

На основі цих даних блок керування передає команди системі подачі палива для регулювання положення дросельної заслінки, а також гальмівній системі для збільшення або зменшення зусилля притискання гальмівних колодок до дисків. Адаптивна система переднього освітлення (AFS) застосовує рухомі оптичні елементи, що дозволяють автоматично змінювати

параметри світлового пучка залежно від дорожніх і погодних умов, забезпечуючи більш ефективне освітлення проїзної частини (рис. 1.4).

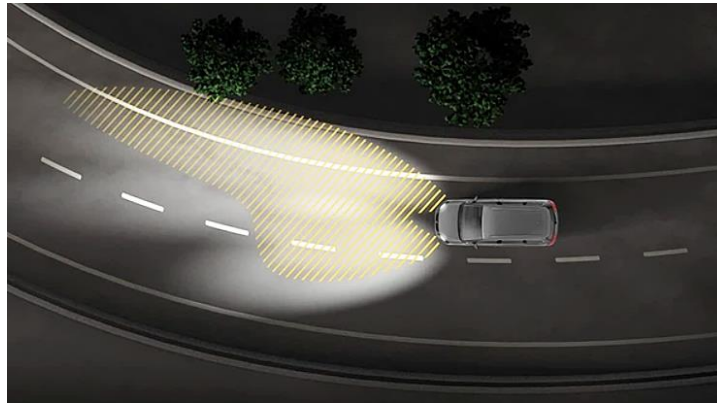


Рис. 1.4. Робота системи адаптивного освітлення автомобіля.

Вона самостійно коригує напрямок світла з урахуванням швидкості руху автомобіля та кута повороту керма, що сприяє покращенню огляду дороги в різних ситуаціях.

Порівняно зі стандартними фарами, система AFS підвищує рівень активної безпеки транспортного засобу, оскільки забезпечує кращу видимість для водія та інших учасників руху, одночасно зменшуючи ризик їх засліплення.

У більшості сучасних автомобілів, оснащених біксеноновими фарами, система AFS входить до базової комплектації.

Система розпізнавання дорожніх знаків (Traffic Sign Recognition, TSR) є сучасною складовою активної безпеки автомобіля, яка забезпечує водія актуальною інформацією про діючі дорожні обмеження та попередження безпосередньо під час руху.

Принцип роботи TSR базується на використанні передньої камери, що встановлюється за лобовим склом автомобіля. Вона безперервно аналізує дорожню обстановку попереду та ідентифікує знаки, зокрема обмеження швидкості, заборону обгону, а також попереджувальні й інформаційні дорожні знаки.

Зібрана інформація передається до електронного блока керування, де обробляється, після чого відображається на панелі приладів або проєкційному дисплеї (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Приладова панель з адаптованою системою TSR.

Подальший розвиток системи TSR пов'язаний із підвищенням точності розпізнавання дорожніх знаків у складних умовах, зокрема за дощу, снігопаду або часткового перекриття знаків іншими об'єктами. Важливим напрямом удосконалення є інтеграція TSR із навігаційними системами та цифровими картами, що дозволяє завчасно інформувати водія про зміну обмежень швидкості та інші вимоги дорожнього руху ще до їх фактичного візуального розпізнавання камерою.

Крім того, перспективним є поєднання TSR з іншими системами активної безпеки, такими як адаптивний круїз-контроль та система екстреного гальмування.

Така взаємодія дозволяє формувати комплексний підхід до управління автомобілем, коли електронні асистенти не лише інформують водія, але й частково беруть на себе функції контролю швидкісного режиму. У результаті це сприяє підвищенню загальної ефективності систем активної безпеки та подальшій мінімізації впливу людського фактора.

1.2 Датчики, виконавчі механізми та взаємозв'язок систем ABS та ESP для підвищення безпеки руху

Для підвищення стійкості автомобіля під час гальмування застосовують спеціальні технології, спрямовані на усунення негативних впливів. На сьогодні розроблено велику кількість пристроїв і систем, які забезпечують узгоджену роботу гальмівних механізмів, оптимально розподіляють гальмівне зусилля між колесами, попереджають їх блокування та підтримують курсову стійкість автопоїздів шляхом обмеження коливань поворотних механізмів причепів.

Антиблокувальна система (ABS) – це електронна система безпеки автомобіля, призначена для недопущення блокування коліс під час гальмування. Її головною функцією є забезпечення збереження керованості транспортного засобу при інтенсивному або екстремому гальмуванні, а також запобігання виникненню неконтрольованого заносу чи ковзання автомобіля.

Застосування системи ABS дає змогу зменшити ймовірність дорожньо-транспортних пригод приблизно на 5-25%. Окрім цього, вона сприяє скороченню гальмівного шляху на 12-38%. У результаті автомобілі, обладнані ABS, можуть рухатися з більшою швидкістю, залишаючись безпечними, при цьому оптимальна швидкість руху зростає на 17-30%.

На рисунку 1.6 зображена спрощена функціональна схема антиблокувальної системи гальмування автомобіля ABS.

Схема показує принцип взаємодії основних елементів системи під час гальмування:

- датчик контролює швидкість обертання колеса;
- електронний блок аналізує сигнали від датчика та визначає момент можливого блокування колеса;
- модулятор змінює тиск у гальмівній системі;
- гальмівний кран подає гальмівне зусилля;
- ресивер накопичує стиснене повітря (у пневматичній системі);

- P_g позначення гальмівного тиску або сили натискання.

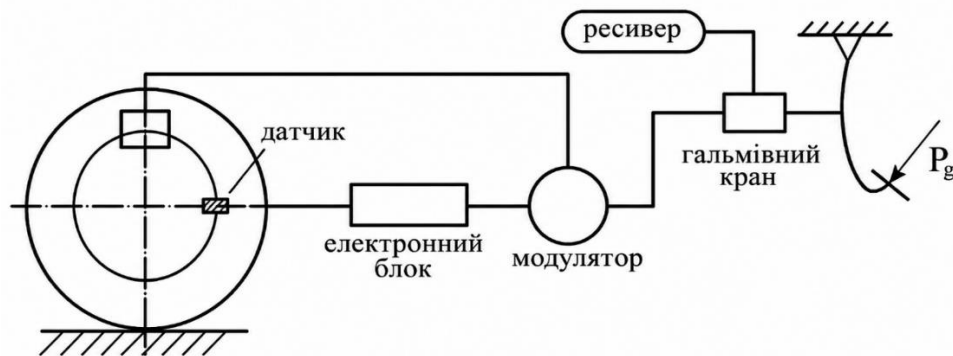


Рис. 1.6. Схематичне зображення системи ABS.

Принцип дії системи ABS полягає у запобіганні блокуванню коліс під час гальмування. Усі сучасні антиблокувальні системи складаються з трьох основних елементів: датчиків швидкості обертання коліс, електронного блока керування та модулятора тиску гальмівної рідини. Датчики, встановлені на колесах, фіксують швидкість їх обертання, електронний блок аналізує отримані дані, а модулятор регулює тиск у гальмівній системі (рис. 1.7).

На маточині кожного колеса розміщується зубчастий диск, поряд з яким нерухомо закріплюється датчик. Його конструкція включає магнітний осердок і котушку. Під час обертання зубчастого диска у котушці виникає електричний сигнал, частота якого залежить від швидкості обертання колеса. Сформований сигнал передається до електронного блока керування для подальшої обробки.

Електронний блок, отримуючи сигнали від усіх датчиків, контролює швидкість обертання коліс та визначає момент початку їх блокування.

Якщо система виявляє небезпеку блокування, що виникає через надмірний тиск гальмівної рідини, блок керування надсилає команду модулятору на зменшення тиску в гальмівному контурі. Це дозволяє зберегти керованість автомобіля та підвищити ефективність гальмування.

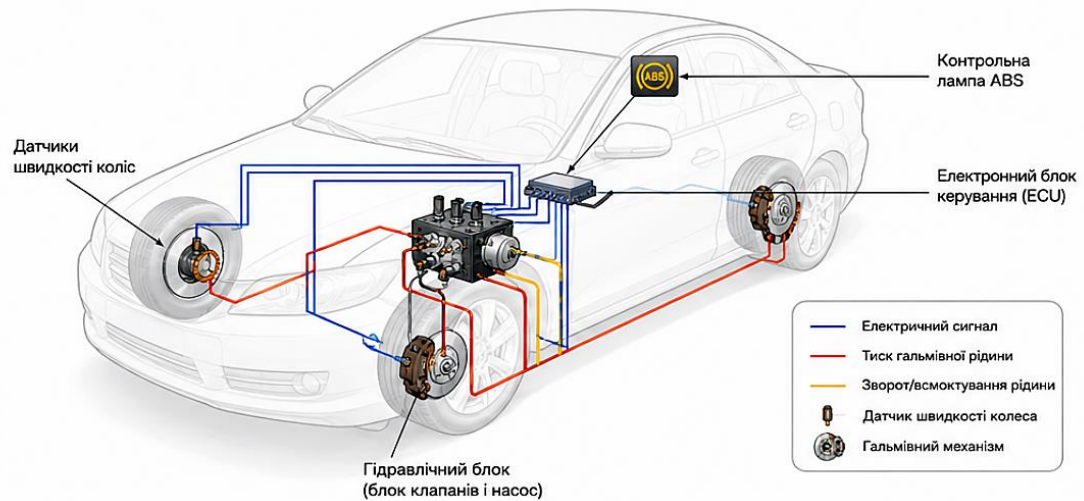


Рис. 1.7. Принцип дії системи ABS в автомобілі.

Виконання цієї функції забезпечують модулятори, до складу яких зазвичай входять два електромагнітні клапани. Один із них перекриває подачу гальмівної рідини в магістраль між головним гальмівним циліндром і колесом, а другий у разі надлишкового тиску відкриває відведення рідини до резервуара гідроаккумулятора. У сучасних системах ABS електронний блок керування аналізує динаміку руху транспортного засобу, нахил дорожнього покриття, рівень зчеплення шин із дорогою, вплив роботи круїз-контролю під час уповільнення та інші параметри.

На основі отриманих даних система визначає оптимальний тиск у гальмівній системі. Необхідний рівень тиску підтримується шляхом подачі або скидання гальмівної рідини в гідроаккумулятор. У критичних дорожніх ситуаціях, коли водій різко натискає на педаль гальма, навіть за складних умов руху автомобіль зберігає стійкість і не сходить із заданої траєкторії.

Це дозволяє водієві зберегти керованість транспортного засобу, об'їхати перешкоду або уникнути занесення під час гальмування на слизькій дорозі чи в повороті. Функціонування ABS супроводжується характерними імпульсними поштовхами на педалі гальма, інтенсивність яких залежить від моделі автомобіля, а також специфічним звуком роботи модуляторів. Про справність системи свідчить контрольна лампа «ABS» на панелі приладів.

Electronic Stability Program (ESP) – це активна система безпеки автомобіля, яка автоматично втручається в процес керування під час виникнення небезпечних дорожніх ситуацій, допомагаючи водієві зберегти контроль над транспортним засобом. Будову системи ESP зображено на рисунку 1.8.



Рис. 1.8. Основні елементи системи ESP.

Особливо ефективною вона є під час заносу, ковзання або виконання різких маневрів, оскільки забезпечує курсову стійкість автомобіля та знижує ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод. Основна функція ESP полягає в забезпеченні руху автомобіля відповідно до траєкторії, яку задає водій.

Під час проходження повороту система автоматично вмикається та координує роботу двох ключових підсистем: ABS, яка запобігає блокуванню коліс під час гальмування, та ASR, що контролює пробуксовування провідних коліс під час розгону і забезпечує стабільне зчеплення з дорожнім покриттям.

Система аналізує дані, отримані від різних датчиків, і порівнює дві траєкторії руху бажану, яку задає водій, та фактичну, яку має автомобіль у даний момент (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Принцип роботи ESP на дорозі.

На основі цієї інформації електронний блок керування коригує кут повороту керма та швидкість руху транспортного засобу. Дані про бокове прискорення та швидкість обертання коліс дозволяють системі визначати поточний стан руху і своєчасно вносити необхідні корективи. При активному втручанні ESP на панелі приладів починає блимати відповідний індикатор.

Регулювання здійснюється шляхом зменшення подачі палива та вибіркового підгальмовування одного або декількох коліс, що дозволяє уникнути занесення як при недостатній, так і при надмірній поворотності. Це сприяє відновленню оптимальної траєкторії руху та підвищенню стійкості автомобіля. Після завершення роботи системи водій знову отримує повний контроль над керуванням.

У таких випадках система, розпізнаючи пробуксовку або втрату зчеплення, може зменшувати потужність двигуна, не дозволяючи досягти потрібної швидкості чи тяги. У більш сучасних автомобілях передбачена кнопка для тимчасового вимкнення ESP.

Системи ESP та ABS функціонують взаємопов'язано, підвищуючи рівень безпеки та стійкості керування автомобілем у складних дорожніх умовах. Принцип їх взаємодії наведено в таблиці 1 1.

Таблиця 1 1

Взаємодія систем ESP та ABS в автомобілі

Характеристика	ABS (Anti-lock Braking System)	ESP (Electronic Stability Program)	Взаємодія систем
Призначення	Запобігання блокуванню коліс під час гальмування	Підтримання курсової стійкості автомобіля	ESP використовує функції ABS для стабілізації руху
Принцип роботи	Регулює тиск у гальмівній системі для збереження обертання коліс	Аналізує напрямок руху, кут повороту керма та швидкість обертання коліс	Дані датчиків ABS передаються до блоку ESP
Основні датчики	Датчики швидкості обертання коліс	Датчики швидкості коліс, кута повороту керма, поперечного прискорення	Спільне використання інформації від датчиків
Робота під час гальмування	Запобігає заносу через блокування коліс	Коригує траєкторію руху автомобіля	ESP активує окремі гальмівні механізми через ABS
Робота на слизькій дорозі	Допомагає зберігати керованість під час екстреного гальмування	Зменшує ризик заносу та втрати контролю	Спільно підвищують стійкість автомобіля
Вплив на безпеку	Скорочує ризик втрати керування при гальмуванні	Запобігає перекиданню та боковому заносу	Комплексно підвищують активну безпеку
Робота в аварійних ситуаціях	Допомагає уникнути блокування коліс	Стабілізує автомобіль при різких маневрах	Системи працюють одночасно для запобігання ДТП
Загальний результат	Підвищення керованості автомобіля	Підвищення стійкості руху	Формують комплекс активної безпеки автомобіля

У результаті проведеного аналізу встановлено, що системи ESP та ABS є ключовими елементами активної безпеки сучасних легкових автомобілів, які суттєво підвищують рівень керованості та стійкості транспортного засобу в різних дорожніх умовах.

Отже, застосування систем ABS та ESP є необхідним елементом сучасних автомобілів, оскільки вони значно знижують ризик аварійних ситуацій та підвищують безпеку водія і пасажирів.

1.3 Типові несправності систем ABS та ESP

Автомобільна електроніка відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки руху транспортного засобу. Особливе значення в цьому мають системи ABS та ESP, які підвищують стійкість і керованість автомобіля. Одними з основних елементів цих систем є пасивні та активні датчики ABS.

У процесі експлуатації, через складні умови роботи, вони можуть втрачати працездатність або виходити з ладу. Проте перед встановленням несправності датчика необхідно провести комплекс діагностичних перевірок, щоб виключити можливі несправності інших елементів системи.

Якщо на панелі приладів одночасно засвітилися індикатори ABS та ESP, це зазвичай означає несправність одного із загальних елементів цих систем. У разі появи такої індикації системи ABS та ESP автоматично вимикаються, проте основна гальмівна система автомобіля продовжує працювати у звичайному режимі.

Антиблокувальна система (ABS) та електронна система стабілізації (ESP) тісно пов'язані між собою як у конструкції, так і в роботі програмного забезпечення. Система ESP є більш складною і використовує інформацію, яку отримує від датчиків ABS, встановлених на колесах автомобіля.

У сучасних авто передбачено діагностику через блок керування, але є й низка очевидних «сигналів», що ABS потребує перевірки. Ось найтипівіші симптоми:

1. Світиться лампа ABS на панелі приладів. Найпоширеніша ознака. Контрольна лампа сигналізує про збережену помилку в системі або критичну несправність.

2. Зміни у поведінці педалі гальма. Ненормальне пульсування, провалювання або надмірна жорсткість можуть бути пов'язані з несправністю ABS-модуля чи клапанів.

3. Відсутність характерного пульсу при екстреному гальмуванні ABS має «відпускати» колесо під час блокування. Якщо цього не відбувається, система може бути відключена або несправна.

4. Помилки в електроніці авто. Зчитування кодів помилок часто вказує на проблеми в датчиках швидкості обертання або проводці.

5. Нерівномірне гальмування. Відчуття знесення або перекосу під час різкого гальмування може свідчити про проблеми в ABS-блоці або датчиках.

Перед професійним ремонтом можна самостійно зробити просту перевірку автомобіля. Часто це допомагає знайти явні несправності без спеціального обладнання.

- перевірка запобіжників;
- перевірка стоп-сигналів;
- огляд проводів біля коліс.

Якщо після цього проблема не зникла і зовнішній огляд нічого не показав, краще звернутися до автоелектрика. Він перевірить систему сканером і зможе точно знайти несправність. Зазвичай ремонт або заміна пошкодженого датчика швидко відновлює роботу систем.

Висновки до розділу I

У розділі розглянуто загальну характеристику систем активної безпеки автомобіля, їх призначення, принцип дії та роль у забезпеченні безпеки руху. Проведено аналіз основних систем активної безпеки, зокрема ABS та ESP, визначено їх конструктивні особливості, функції та взаємодію з іншими елементами автомобіля.

Проведено аналіз взаємодії систем ABS і ESP для підвищення безпеки руху автомобіля, функціонування основних елементів систем. Визначено роль датчиків швидкості обертання коліс, датчика кута повороту керма, датчиків прискорення та тиску. Проаналізовано типові несправності систем.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз конструкцій стендів і особливостей проведення випробувань гальмівних систем ABS та ESP автомобілів

Сучасні системи ABS та ESP є складними електронно-гідравлічними комплексами, тому для їх якісної перевірки застосовуються спеціалізовані діагностичні стенди та діагностичне обладнання.

Існує багато різновидів стендів для діагностики систем ABS та ESP, які відрізняються між собою принципом дії, ступенем автоматизації, набором функцій і методами проведення випробувань. Основні параметри та особливості проведення випробувань на різних типах стендів подано в таблиці 2.1.

Стенди дозволяють моделювати різні режими руху автомобіля, контролювати параметри роботи датчиків, електронних блоків керування, гідравлічних модулів та виконавчих механізмів. Конструкція стендів залежить від типу випробувань, що виконуються, та рівня точності діагностики.

Під час дорожніх випробувань автомобіль розганяють до швидкості, при якій система ABS продовжує працювати (близько 40 км/год), після чого здійснюється різке гальмування для оцінки ефективності системи. У процесі випробування аналізують гальмівний шлях автомобіля, а також стабільність його руху чи зберігається прямолінійна траєкторія та чи відсутні сліди блокування коліс. У лабораторних умовах автомобіль встановлюють на гальмівний стенд, де кожне колесо може навантажуватися окремо, що дозволяє вимірювати гальмівні зусилля або крутний момент на кожному з них.

Разом із тим, діагностика гальмівних систем у реальних дорожніх умовах має певні недоліки. Під час гальмування на дорозі справна система ABS може частково компенсувати несправності гальмівних механізмів, що

ускладнює виявлення прихованих дефектів. З іншого боку, стендові випробування також не позбавлені обмежень, оскільки колеса різних осей перевіряються окремо, що порушує умови роботи гідравлічного приводу ABS і може впливати на точність результатів.

Таблиця 2.1

Конструкції стендів та особливості виконання випробувань

Назва стенда	Тип конструкції	Основне призначення	Особливості проведення випробувань
MSG Equipment MS002	Електрогідравлічний стенд	Діагностика гідроблоків ABS/ESP	Перевірка клапанів, насосів та каналів під тиском без встановлення на автомобіль
Launch CNC-602A	Настільний діагностичний стенд	Тестування гідравлічних модулів ABS	Імітація роботи гальмівної системи та перевірка електромагнітних клапанів
Bosch ABS/ESP Test Bench	Комплексний роликовий стенд	Повна перевірка систем ABS та ESP на автомобілі	Випробування під час обертання коліс та моделювання гальмування
MAHA Roller Brake Teste	Роликовий гальмівний стенд	Контроль ефективності гальм та роботи ABS	Аналіз гальмівних сил на кожному колесі
HBT-10	Гідравлічний стенд	Перевірка гідроблоків ABS	Тестування герметичності та працездатності клапанів
Dyno Dynamics	Динамометричний стенд	Дослідження роботи ESP та ABS у русі	Імітація реальних дорожніх режимів та навантажень
Texa Navigator з модулем діагностики	Комп'ютеризований діагностичний комплекс	Електронна діагностика ABS/ESP	Зчитування кодів помилок та контроль параметрів у реальному часі

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення методик діагностики для отримання більш достовірної оцінки роботи гальмівних систем з ABS.

У сучасних умовах значення діагностики гальмівних систем автомобілів, обладнаних ABS, постійно зростає, що зумовлює впровадження новітніх технологічних рішень. Серед інновацій у цій сфері варто відзначити використання вдосконаленого інерційного роликowego стенда (рис. 2.1). Завдяки оснащенню сучасними сенсорами та вимірювальними датчиками, такий стенд забезпечує отримання детальної та точної інформації про технічний стан гальмівної системи.

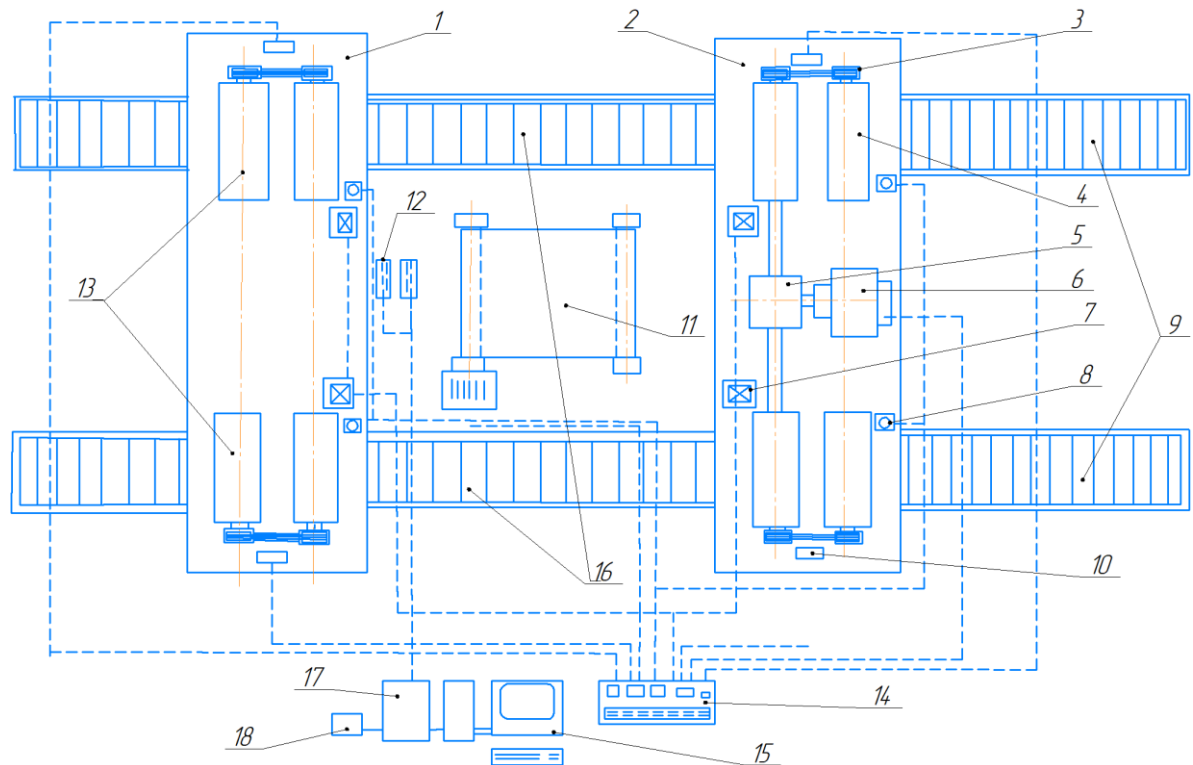


Рис. 2.1. Діаграма конфігурації компонентів цифрового діагностичного системного блоку, інтегрованого з універсальним гальмівним стендом для аналізу ABS в особистих автотранспортних засобах: 1 – пасивний роликівий модуль; 2 – активний роликівий модуль; 3 – шків з клиноременною передачею; 4 – ролики активного модуля; 5 – редуктор активного модуля; 6 – електро / гідропривід активного модуля; 7 – пневматичні піднімальні пристрої; 8 – керовані пульверизатори для змочування роликів; 9 – в'їзні апарелі; 10 – система виміру швидкості і гальмівного шляху колеса; 11 – доріжка імітатора руху; 12 – роз'єм підключення діагностичного сканера до ABS і системи бортової самодіагностики; 13 – ролики пасивного модуля; 14 – пульт керування діагностичним стендом; 15 – персональний комп'ютер; 16 – розсувні апарелі; 17 – діагностичний прилад KTS; 18 – принтер.

До роликівих стендів можна віднести Maha MBT 2250 EU, Bosch BSA 4340 та Sherpa BPS/Eco (рис. 2.2). Ці стенди дозволяють відтворювати умови реального обертання коліс і виконувати перевірку системи ABS у режимі пробуксовування. Обладнання оснащено вбудованими датчиками швидкості, що забезпечують точність вимірювань. Також стенди підтримують роботу з протоколами OBD та CAN.



Рис. 2.2. Роликовий стенд Maha MBT 2250 EUROSISTEM.

Основними недоліками таких установок є висока вартість та значні габарити. Для їх встановлення необхідний монтаж у спеціальному примітку, а також достатньо велика площа приміщення. Окрім цього, функції перевірки системи ESP у них є обмеженими. Саме тому подібні стенди не завжди є доцільними для використання на середніх станціях технічного обслуговування.

На роликовому стенді створюються умови, максимально наближені до реальної експлуатації автомобіля. Для створення умов блокування колеса під час гальмування стенд обладнаний спеціальними механізмами, які дозволяють частково зменшувати навантаження на колесо та обробляти поверхню роликів спеціальною речовиною, що викликає ковзання.

Автомобіль встановлюється колесами на ролики, після чого стенд створює умови, наближені до реального руху транспортного засобу. Під час

роботи електродвигуни обертають ролики, а датчики реєструють швидкість кожного колеса та зміни гальмівного моменту.

На такому роликовому стенді перевіряють роботу системи ABS під час гальмування. Оператор поступово збільшує силу натискання на гальма, а система визначає момент, коли колеса починають блокуватись, і контролює реакцію ABS. Якщо система працює справно, тиск у гальмівній системі періодично змінюється, то зменшується, то збільшується, завдяки чому колеса не блокуються повністю.

Також роликові стенди дають можливість виявити нерівномірну роботу гальм, перевірити сигнали датчиків обертання коліс та оцінити спільну роботу систем ABS і ESP.

Після завершення перевірки вся отримана інформація передається до центральної комп'ютерної системи, де вона зберігається та використовується для подальшого аналізу технічного стану автомобіля і ведення історії його обслуговування.

Крім того, застосування комп'ютеризованих діагностичних систем забезпечує більш точну обробку та аналіз отриманої інформації. Сучасні комп'ютери разом зі спеціальним програмним забезпеченням дають можливість виконувати детальний аналіз даних і комплексно оцінювати параметри гальмівних систем. Поєднання традиційних способів діагностики з сучасними цифровими технологіями суттєво підвищує точність і надійність перевірки гальмівних систем автомобілів, оснащених ABS.

Сучасний діагностичний комплекс для автомобілів складається з фізичної та цифрової частин. До фізичної складової входить сучасний інерційний роликовий стенд, який використовується для визначення динамічних характеристик транспортного засобу, а також мотор-тестер або сканер KTS, що дозволяє детально перевіряти роботу двигуна та інших систем автомобіля.

Цифрова складова представлена потужним персональним комп'ютером і спеціалізованим програмним забезпеченням. Завдяки цьому можна швидко

обробляти великі масиви інформації, отримані від датчиків та обладнання, виконувати детальний аналіз, виявляти несправності та підбирати найбільш ефективні способи їх усунення. Така комплексна система забезпечує високу точність діагностики та покращує якість ремонтних робіт.

Однак подібні стенди поки що не набули широкого поширення. Стандартні гальмівні стенди не можуть повністю відтворити такі умови випробувань.

Існує також спеціальне діагностичне обладнання для діагностики гідроблоків ABS, зокрема моделі SMC-115 та його модифікації (рис. 2.3). Популярна серія стендів для перевірки гідравлічних блоків управління. Вони дозволяють тестувати соленоїди, перевіряти тиск у контурах та виявляти внутрішні витоки.



Рис. 2.3. Діагностичне обладнання SMC-115 для тестування автоматичних трансмісій і гідравлічних систем.

До таких стендів також належать моделі Launch CNC-602A, Moditech та HBT-10. Це обладнання призначене для діагностики гідроблока ABS без встановлення на автомобіль. За його допомогою можна перевіряти роботу електромагнітних клапанів, а також виконувати випробування каналів під

тиском. Вартість таких стендів є суттєво меншою порівняно з роликовими діагностичними стендами.

MSG Equipment MS002 – це багатофункціональний електромеханічний стенд, призначений для перевірки автомобільних генераторів, стартерів і регуляторів напруги окремо від автомобіля. Обладнання використовується на СТО та в майстернях з ремонту автоелектрики, дозволяє тестувати гідроблоки ABS окремо від автомобіля, перевіряючи працездатність електромагнітних клапанів та двигуна насоса (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Діагностичний стенд MSG Equipment MS002 COM: а – загальний вигляд стенду; б – пульт керування.

Для імітації роботи систем ABS та ESP існують спеціалізовані електронні симулятори, такі як рішення від Autoditex (рис. 2.5), CarLabImmo та навчальні модулі Dekra. Ці пристрої є бюджетними тренажерами, призначеними виключно для освітніх цілей. Оскільки вони не відтворюють роботу гідравлічного контуру та реальні механічні навантаження, їх неможливо використовувати для професійної діагностики реальних автомобілів.



Рис. 2.5. Симулятор роботи систем ABS та ESP AutoSim Pro Basic kit.

Комбіновані стенди – це «важка артилерія» у діагностиці. Такі моделі, як BrainVee або НРА С400, перевіряють усе й одразу: від гідравліки до електроніки та датчиків швидкості. Вони настільки просунуті, що можуть відтворити роботу системи ESP у різних ситуаціях. Проте через космічну ціну та складний сервіс зустріти їх на звичайних сервісах майже неможливо це обладнання швидше для спеціалізованих центрів.

Отже, застосування сучасного стендового обладнання є необхідною умовою якісної діагностики та підвищення безпеки дорожнього руху та забезпечення надійної роботи гальмівних систем сучасних легкових автомобілів.

2.2. Модель системи АПТКС для аналізу функціонування гальмівної системи ABS, на роликовому стенді

У процесі експлуатації автотранспортного засобу гальмівна система та ABS функціонують у тісному взаємозв'язку. Для коректної діагностики їх роботи необхідно виконувати одночасне тестування обох систем. Це означає проведення перевірок у режимах руху, коли активується ABS. На практиці такий контроль здійснюють із використанням спеціалізованого повноопорного гальмівного стенда.

Для більш детального аналізу взаємодії автотранспортного засобу з повноопорним гальмівним діагностичним стендом була створена система АПТКС (рис. 2.6).

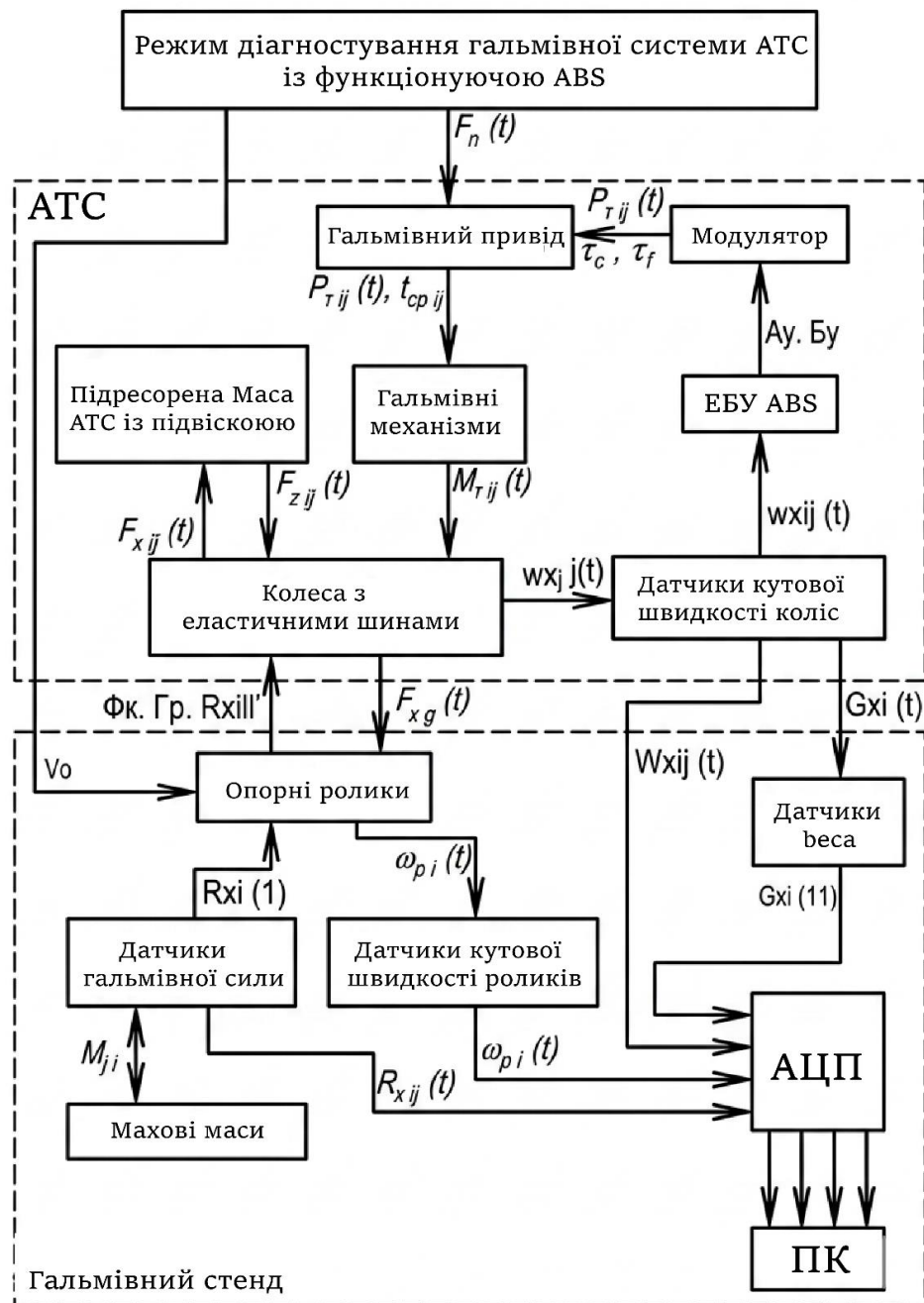


Рис. 2.6. Послідовність виконання діагностики гальмівної системи автотранспортного засобу, оснащеного вбудованою ABS.

У межах цієї системи було проведено глибокий аналіз взаємозв'язків між її елементами. Дослідження процесу гальмування АТЗ з активованою ABS на такому стенді доцільно виконувати методами математичного

моделювання, зокрема із застосуванням диференціальних рівнянь. Це дозволило визначити основні точки взаємодії в системі АПТКС.

Система АПТКС, що наведена на рисунку. 2.6, складається з двох основних частин: блоку автотранспортного засобу з інтегрованою ABS та діагностичного гальмівного стенда. У моделі АТЗ відображено взаємодію підресорених і непідресорених мас, елементів підвіски та гальмівної системи.

Гальмівний стенд складається з механічної частини, яка включає ролики, маховики, ланцюгові передачі та редуктори, а також з електронного блоку, до складу якого входять датчики, АЦП і персональний комп'ютер. У сукупності ці елементи забезпечують діагностику та оптимізацію роботи автотранспортного засобу.

У режимі випробування швидкість коліс АТЗ досягає значення V_0 , яке забезпечується силовою установкою транспортного засобу. Після цього водій приводить у дію гальмівну систему, натискаючи на педаль гальма із зусиллям F_n . У результаті відбувається зміна тиску робочої рідини P_{tij} , що після невеликої затримки t_{cp} подається до гальмівних механізмів.

Це спричиняє виникнення гальмівного моменту M_{tij} , який впливає на кутові швидкості коліс ω_{kij} . Датчики системи ABS фіксують ці швидкості та передають інформацію до електронного блоку керування ABS. На основі отриманих сигналів ЕБУ ABS здійснює регулювання тиску в гальмівному приводі P_{tij} . Одночасно сигнали від датчиків через АЦП надходять до ЕОМ стенда, що дає можливість оцінити ефективність роботи гальмівної системи.

Під час контакту коліс автотранспортного засобу з роликами діагностичного стенда виникають поздовжні сили F_{xij} , що формуються під дією гальмівних сил F_{tij} та сил опору коченню F_{fij} . У відповідь ролики впливають на колеса поздовжньою реакцією P_{xij} , величина якої визначається коефіцієнтом зчеплення поверхонь φ_x . У процесі гальмування колеса прагнуть уповільнити обертання роликів. Однак ролики, з'єднані з

маховиками, отримують додатковий інерційний момент M_{ji} , що виникає внаслідок накопиченої кінетичної енергії.

Для вимірювання гальмівних сил P_{xij} на валах роликів встановлені магнітострикційні датчики, які працюють безконтактним способом. Крім того, зміна режиму обертання роликів контролюється індуктивними датчиками, що реєструють зміну їх кутової швидкості ω_{pi} під час гальмування.

Під час проведення випробувань на стенді у місцях контакту коліс автотранспортного засобу з опорними роликами виникають поздовжні реакції P_{xij} . Ці реакції передаються на підвіску автомобіля та спричиняють динамічний перерозподіл навантаження між передньою і задньою осями.

У результаті навантаження розподіляється нерівномірно: на передню вісь припадає більша частина ваги, тоді як задня вісь розвантажується. Такі процеси впливають і на сили F_{zij} , що виникають у взаємодії коліс із підвіскою.

Сучасні стенди обладнані датчиками, які контролюють зміни навантаження, величину гальмівної сили та швидкість обертання роликів. Отримані сигнали через аналого-цифровий перетворювач передаються до центрального комп'ютера, де виконуються їх подальша обробка та аналіз.

Графічне представлення системи АПТКС наочно демонструє взаємодію окремих елементів у процесі гальмування автотранспортного засобу з увімкненою системою ABS. У межах цієї взаємодії враховуються такі фактори:

- перерозподіл навантаження між передньою та задньою осями автомобіля;
- взаємодія коліс транспортного засобу з опорними роликами діагностичного стенда;
- робота електронного блока керування ABS та модулятора;
- особливості тертя між шинами автомобіля і роликами стенда;
- можливі відхилення між віссю стенда та віссю автомобіля;

– інерційні процеси та реакція гальмівної системи на змінні динамічні навантаження.

Урахування цих чинників дає змогу детальніше дослідити роботу гальмівної системи з ABS під час стендових випробувань і встановити основні причинно-наслідкові зв'язки в системі АПТКС під час діагностики.

На основі структури АПТКС та виявлених зв'язків розроблено модель для поглибленого дослідження методів вимірювання й контролю гальмівних параметрів автомобілів з ABS на роликових стендах. Модель поєднує теорію і практику, що дозволяє вдосконалити випробування та підвищити достовірність результатів. Схему моделі наведено на рисунку 2.7.

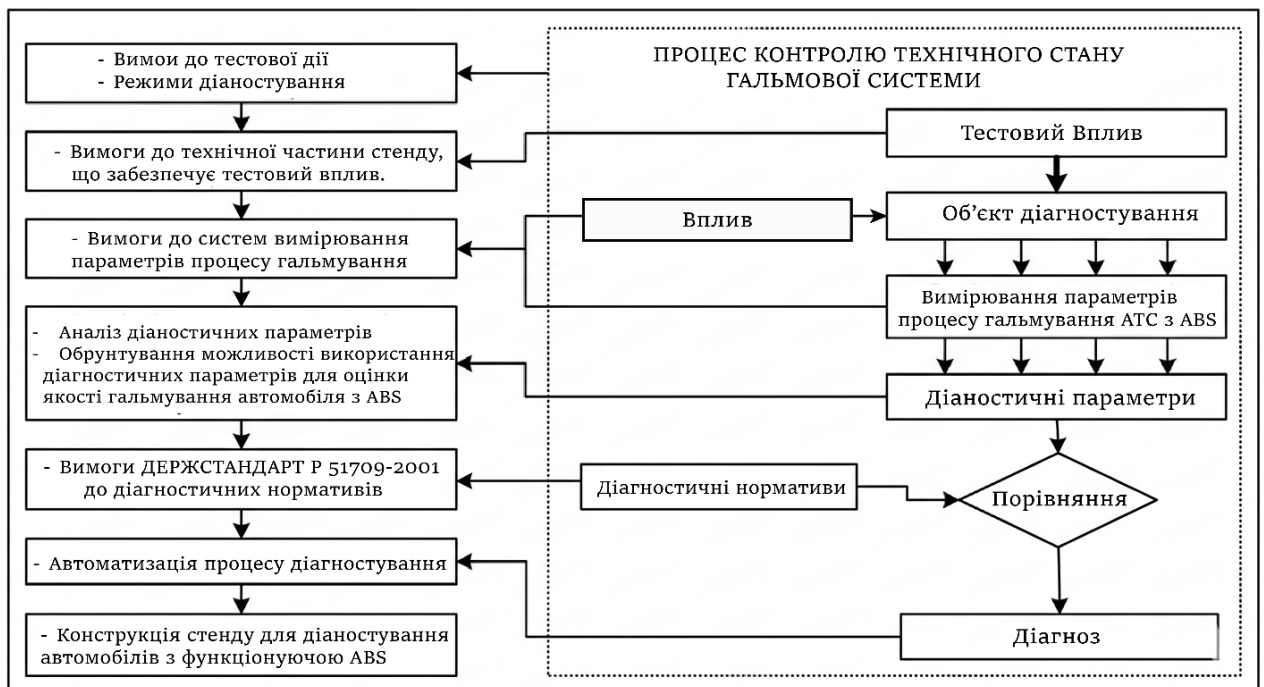


Рис. 2.7. Оцінювання параметрів гальмівної ефективності та безпеки автомобілів, обладнаних системою АБС, із застосуванням роликових стендів.

У лівій частині діаграми подано методику дослідження гальмівної системи автомобіля, що включає перевірку її елементів, імітаційні випробування, фіксацію діагностичних параметрів та аналіз результатів для оцінки технічного стану.

У правій частині показано етапи впровадження методу: підготовку об'єктів дослідження, експериментальні випробування на роликових стендах та обробку отриманих даних.

Окремо виділено блок взаємодії з іншими діагностичними системами автомобіля, що забезпечує інтеграцію методу в загальну систему технічного обслуговування. Під час проєктування діагностичного обладнання важливо забезпечити одночасне тестування всіх коліс автомобіля для точної діагностики ABS.

2.3 Методи впровадження штучного інтелекту в системах активної безпеки транспортних засобів

Вузький штучний інтелект ANI (Artificial Narrow Intelligence) – це тип штучного інтелекту, який призначений для виконання лише конкретних завдань у межах однієї сфери діяльності. Такий інтелект працює за заданими алгоритмами та не здатний самостійно виходити за межі своїх функцій або мислити як людина. У системах активної безпеки автомобіля вузький штучний інтелект (ANI) застосовується таким чином:

Перші системи ABS були механічними або електронними, однак сучасні варіанти можуть застосовувати елементи штучного інтелекту для точнішого визначення моменту блокування коліс. Для цього використовуються сигнали від датчиків швидкості обертання коліс та інших параметрів руху автомобіля.

Система EBD працює разом з ABS і може використовувати алгоритми штучного інтелекту для ефективного розподілу гальмівного зусилля між колесами з урахуванням навантаження автомобіля, стану дорожнього покриття та рівня зчеплення.

Електронна система стабілізації (ESP) є більш складною системою активної безпеки, яка аналізує параметри руху автомобіля, зокрема кутову швидкість, бічне прискорення та положення керма. На основі цих даних

система може автоматично пригальмовувати окремі колеса для запобігання втраті стійкості.

Система TCS/ASR застосовує інтелектуальні алгоритми для визначення пробуксовки ведучих коліс під час розгону. У разі втрати зчеплення система зменшує крутний момент двигуна або пригальмовує окремі колеса для стабілізації руху.

Система ЕВА здатна визначати різке натискання на педаль гальма, що свідчить про аварійну ситуацію. У такому випадку система автоматично підвищує гальмівне зусилля до максимального рівня, що дозволяє скоротити гальмівний шлях автомобіля.

Адаптивний круїз-контроль (ACC) у сучасних автомобілях застосовує технології вузького штучного інтелекту для визначення дистанції та швидкості транспортного засобу попереду за допомогою камер, радарів або лідарів. На основі отриманих даних система автоматично змінює швидкість автомобіля, підтримуючи безпечну відстань.

Система попередження про лобове зіткнення (FCW) використовує алгоритми ANI для оцінювання дорожньої ситуації та завчасного інформування водія про можливу небезпеку зіткнення.

Система автоматичного екстреного гальмування (АЕВ) є вдосконаленням FCW. Вона не лише попереджає водія про загрозу, а й самостійно активує гальмування, якщо водій не реагує вчасно.

Система контролю сліпих зон (BSM) аналізує сигнали з радарів та ультразвукових датчиків для виявлення транспортних засобів у важкодоступних для огляду зонах та подає відповідне попередження водієві.

Система попередження про виїзд зі смуги руху (LDW) за допомогою камери визначає дорожню розмітку та повідомляє водія у випадку ненавмисного залишення смуги руху.

Система утримання в смузі руху (LKA) працює на основі технологій ANI та, окрім попередження, здатна автоматично коригувати напрямок руху автомобіля, допомагаючи утримувати його в межах смуги.

Система розпізнавання дорожніх знаків (TSR) обробляє зображення з камери, визначає дорожні знаки та передає інформацію водієві.

Система контролю втоми водія аналізує поведінку людини за кермом, зокрема рухи керма, натискання педалей і положення очей, що дозволяє виявляти ознаки втоми або зниження уваги.

Система допомоги при паркуванні (Parking Assist) використовує дані з камер і датчиків для оцінювання навколишнього простору та може частково або повністю автоматизувати процес паркування автомобіля.

Система автоматичного керування дальнім світлом (AHB) аналізує освітленість дороги та наявність інших транспортних засобів, автоматично перемикаючи дальнє світло на ближнє і навпаки.

Система контролю тиску в шинах (TPMS) здебільшого базується на прямих або непрямих методах вимірювання тиску. У стандартних версіях вона не потребує складних алгоритмів штучного інтелекту, однак у сучасних удосконалених системах можуть застосовуватися елементи машинного навчання для прогнозування можливих несправностей.

Таким чином, більшість сучасних систем активної безпеки автомобіля використовують елементи вузького штучного інтелекту для аналізу інформації з датчиків, прийняття рішень та керування роботою виконавчих механізмів.

Інтеграція AGI у системи активної безпеки автомобілів є поки що теоретичним, але багатообіцяючим напрямом розвитку інтелектуального транспорту.

На відміну від вузького штучного інтелекту (ANI), який уже застосовується у системах автоматичного гальмування та розпізнавання пішоходів, розширений штучний інтелект (Artificial General Intelligence) має здатність до комплексного аналізу ситуацій, самонавчання та адаптації до нових і непередбачуваних умов руху (рис. 2.8). Отже, інтеграція розширеного штучного інтелекту (AGI) в критично важливі системи активної безпеки автомобіля є складним, але водночас перспективним напрямом розвитку.



Рис. 2.8. Інтеграція AGI до систем безпеки транспортних засобів.

Основні підходи до впровадження AGI в системи активної безпеки транспортних засобів із акцентом на ключові функції можна сформулювати так:

1. Інтеграція AGI в архітектуру ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Метод полягає у створенні єдиної когнітивної платформи, яка координує роботу всіх компонентів активної безпеки, зокрема систем автоматичного екстреного гальмування (АЕВ), адаптивного круїз-контролю (ACC), утримання автомобіля в смузі руху (LKA), а також систем розпізнавання пішоходів, велосипедистів та інших об'єктів дорожньої інфраструктури.

2. Сучасні системи ADAS охоплюють такі функції, як автоматичне екстрене гальмування, адаптивний круїз-контроль, підтримання руху в смузі та виявлення перешкод на дорозі. Водночас їх робота здебільшого базується

на попередньо заданих алгоритмах і сценаріях, що обмежує ефективність у складних або непередбачуваних дорожніх умовах.

3. AGI, у свою чергу, здатний об'єднувати дані з різних сенсорів (камер, LiDAR, радарів, GPS) і формувати цілісне семантичне уявлення про дорожню ситуацію, що забезпечує більш гнучке та адаптивне прийняття рішень у реальному часі.

4. Особливості AGI: здатність у реальному часі розпізнавати нові, раніше не передбачені сценарії, а також формувати причинно-наслідкові моделі поведінки інших учасників дорожнього руху.

5. Навчання на багатомодальних даних. Метод застосування AGI для інтеграції інформації, отриманої від різних сенсорів, зокрема LiDAR, радарів, камер, GPS та інерційних датчиків. Це дає змогу формувати цілісне уявлення про дорожню ситуацію. Завдяки використанню великих мовних моделей (LLM) і глибоких нейронних мереж AGI здатний навчатися на поєднаних типах даних відео, тексті та телеметрії, що дозволяє ефективно моделювати поведінку інших учасників руху.

6. Приклад: система не лише розпізнає об'єкти, а й створює семантичну карту дорожнього середовища з урахуванням контекстуальних факторів, таких як час доби, погодні умови та поведінкові особливості людей.

7. Динамічне прийняття рішень у критичних ситуаціях. Метод: використання моделей машинної метапам'яті для накопичення попереднього досвіду та формування каузальних моделей ризику для кожної конкретної ситуації. AGI здатний вибудовувати причинно-наслідкові зв'язки та прогнозувати можливі наслідки різних маневрів, що дозволяє обирати найменш ризиковані рішення навіть у складних умовах. Приклад: система визначає оптимальний маневр із кількох альтернатив, враховуючи потенційні наслідки для всіх учасників дорожнього руху, навіть за умов невизначеності або браку історичних даних.

8. Безперервне самонавчання (lifelong learning) Метод AGI безперервно аналізує власні дії та оновлює внутрішні моделі без необхідності ручного втручання або оновлення програмного забезпечення. Реалізація передбачає використання декларативного навчання та динамічну реконфігурацію моделі під час експлуатації.

9. Етичне та правове ухвалення рішень. Метод полягає у формуванні етичних фреймворків AGI на основі принципів моральної логіки. Система повинна враховувати людські цінності у випадках конфлікту інтересів, наприклад між пішоходами, пасажирями та іншими учасниками дорожнього руху. Розв'язання подібних ситуацій вимагає чіткої формалізації етичних норм .

10. Симуляційне тестування із застосуванням AGI. Метод передбачає, що AGI створює та аналізує гіпотетичні сценарії дорожньо-транспортних пригод. Використання симуляцій дає змогу перевіряти прийняті рішення у рідкісних або критичних умовах, які складно відтворити в реальному середовищі.

11. Кібербезпека та самозахист системи. Метод базується на здатності AGI виявляти аномальні сигнали та потенційні кібератаки на сенсори або інші компоненти системи. У разі загрози система може автоматично відключати скомпрометовані модулі або переходити на резервні канали керування. Таким чином, AGI повинен мати високий рівень захисту від кібератак, включно з підміною даних сенсорів і спробами втручання в керування транспортним засобом.

12. У таблиці 2.2 наведено порівняння підходів ANI та AGI в контексті автомобільної безпеки.

Отже, інтеграція AGI в критично важливі системи активної безпеки автомобіля здатна забезпечити підвищення їхньої адаптивності до змінних умов, прозорість і етичність прийняття рішень, а також мінімізацію ризиків у надзвичайних ситуаціях.

Таблиця 2.2

Відмінності між ANI та AGI в автомобільній безпеці

Показник	ANI	AGI
Фокус роботи	Виконання окремих завдань, зокрема ідентифікації об'єктів.	Комплексний підхід до аналізу, оцінювання ризику та ухвалення рішень.
Можливість адаптації	Обмежена: потребує додаткового навчання або оновлення програмного забезпечення.	Високий рівень: здатний навчатися в режимі реального часу навіть без надходження нових даних.
Реакція на нові ситуації	Лише за наявності заздалегідь визначених сценаріїв	Самостійно створює рішення у невідомих або складних ситуаціях
Обробка сенсорної інформації	Окремі модулі для камери, LiDAR, радару	Єдина когнітивна система, яка інтегрує всі сенсори
Прийняття рішень	Логіка базується на правилах або моделях ML	Побудова причинно-наслідкових зв'язків, етичний аналіз
Виявлення ризику	Визначено заздалегідь для кожного сценарію	Динамічна оцінка на основі множини чинників
Етичне моделювання	Відсутнє або дуже спрощене	Враховує соціальні, моральні та правові аспекти
Безперервне навчання	Переважно офлайн-навчання, обмежене в процесі експлуатації	Навчається постійно в процесі використання
Кібербезпека	Реактивний захист, залежить від оновлень	Адаптивне виявлення аномалій, самозахист, переосмислення довіри
Застосування в ADAS	Обмежується специфічними модулями	Може замінити або уніфікувати більшість ADAS у єдину систему

Висновки до розділу II

У розділі було проведено аналіз існуючих конструкцій стендів для діагностики гальмівних систем ABS і ESP легкових автомобілів.

Розроблено структурну модель АПТКС, для аналізу функціонування гальмівної системи АВ, яка включає роликовий стенд, гальмівну систему автомобіля, датчики контролю параметрів та блок обробки сигналів. Розглянуто методи впровадження штучного інтелекту у системах активної безпеки транспортних засобів. Досліджено можливості використання алгоритмів штучного інтелекту в системах ABS, ESP, адаптивного гальмування, утримання смуги руху та запобігання зіткненням.

РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

3.1 Розробка діагностичного стенду систем активної безпеки та його функціональних можливостей

Системи активної безпеки сучасних автомобілів, такі як ABS, EBD та ESP, відіграють важливу роль у забезпеченні стійкості й керованості транспортного засобу під час гальмування. Стабільна й надійна робота цих систем безпосередньо впливає на безпеку дорожнього руху, ефективність гальмування та збереження курсової стійкості автомобіля в складних умовах експлуатації.

У практиці станцій технічного обслуговування, особливо тих, що спеціалізуються на автомобілях європейських марок, помітно зростає кількість звернень, пов'язаних із несправностями систем ABS та ESP, некоректною роботою датчиків швидкості коліс, модуляційних клапанів, гідроблоку, датчика прискорення і датчика кута повороту керма. Для якісної перевірки таких компонентів необхідне використання спеціалізованих діагностичних стендів, які дають можливість:

- імітувати функціонування систем ABS і ESP без фактичного руху автомобіля;
- перевіряти роботу системи в різних режимах експлуатації;
- здійснювати контроль тиску в гідравлічній системі;
- аналізувати сигнали, що надходять від датчиків швидкості коліс;
- проводити адаптацію електронних елементів після виконання ремонтних робіт.

Розроблений стенд дає змогу не лише розширити спектр послуг СТО, але й покращити рівень технічного обслуговування, скоротити тривалість проведення діагностики та забезпечити точне виявлення несправностей гальмівної системи. Спроектований стенд використовується для діагностування систем ABS та ESP легкових автомобілів у нерухомому стані.

Його конструкція передбачає поєднання електронної та гідравлічної частин системи, що дає можливість перевіряти їх функціонування без необхідності руху транспортного засобу.

Конструкція стенда забезпечує комплексну перевірку як гідравлічної, так і електронної частини систем ABS та ESP.

За його допомогою можна проводити діагностику гідроблока, датчиків, клапанів, електричного насоса та електронного блоку керування без застосування роликового обладнання.

Стенд складається з таких основних конструктивних вузлів (рис. 3.1):

1. Несуча конструкція (Робоча рама стенду): Зварна просторова рама з крицевих профільних труб, що забезпечує жорсткість та гасіння вібрацій від обертюв мас.

Матеріал: Сталь конструкційна вуглецева звичайної якості Ст3пс або високоякісна сталь 20 (профільні труби квадратного та прямокутного перерізу за ГОСТ 8639-82 розмірами 60 × 60 × 4 мм та 80 × 40 × 4 мм. Це забезпечує високу жорсткість на кручення і згин, мінімізуючи вібрації під час розгону та гальмування.

2. Привідний та інерційний механізм: Електродвигун змінного струму з частотним регулюванням (або інерційний маховик), що забезпечує обертання приводного вала із заданою кутовою швидкістю, моделюючи кінетичну енергію транспортного засобу.

3. Опорно-роликовий та осьовий блок: Включає випробуване колесо, приводний вал обертання, встановлений у підшипникових вузлах, та блок дискових гальм (диск + супорт).

4. Гідравлічна система та виконавчі блоки: Модуль ABS/ESP з вбудованим гідравлічним насосом високого тиску, армовані гідравлічні магістралі (шланги високого тиску) та манометри для візуального контролю тиску в робочих контурах.

5. Інформаційно-вимірювальна система: Персональний комп'ютер (ПК) з платою збору даних (DAQ) та монітор для виведення осцилограм тиску, кутової швидкості та гальмівного моменту в реальному часі.

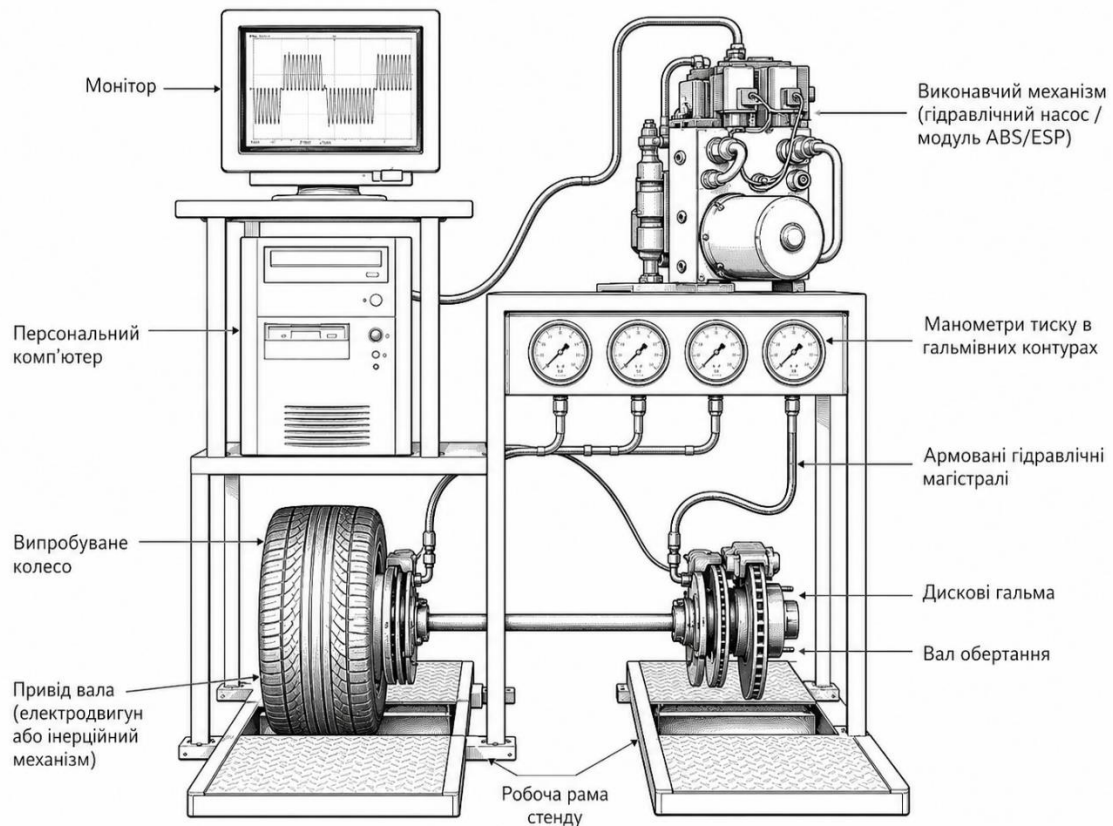


Рис. 3.1. Електрогідравлічний діагностичний стенд для діагностики систем ABS та ESP.

Усі елементи змонтовані на міцному каркасі, який забезпечує стійкість, надійність і безпечну роботу обладнання. Загальні характеристики стенда наведено в таблиці 3.1.

На рамі стенда встановлено спеціальну монтажну плиту, призначену для кріплення гідроблоку ABS. До гідроблоку приєднані гальмівні контури стенда, які складаються з армованих гідравлічних шлангів та невеликих резервуарів. Ці резервуари виконують роль імітації гальмівної магістралі та підтримують необхідний стабільний тиск у системі.

Таблиця 3.1

Загальна характеристика діагностичного стенду для перевірки систем ABS та ESP автомобіля

№	Елемент стенду	Призначення та характеристика
1	Монітор	Використовується для візуалізації результатів діагностики, відображення графіків зміни тиску, швидкості обертання коліс та роботи систем ABS/ESP у режимі реального часу.
2	Персональний комп'ютер	Забезпечує керування стендом, обробку отриманих сигналів від датчиків та аналіз параметрів роботи гальмівної системи автомобіля.
3	Виконавчий механізм (гідравлічний насос / модуль ABS/ESP)	Створює необхідний тиск у гальмівних контурах та імітує роботу штатної системи ABS/ESP під час випробувань.
4	Манометри тиску в гальмівних контурах	Призначені для контролю та вимірювання тиску гальмівної рідини в окремих контурах системи.
5	Армовані гідравлічні магістралі	Забезпечують передачу гальмівної рідини під високим тиском між вузлами стенду та виконавчими механізмами.
6	Дискові гальма	Імітують роботу реального гальмівного механізму автомобіля та дозволяють оцінювати ефективність гальмування.
7	Вал обертання	Передає крутний момент від приводу до випробуваного колеса або гальмівного механізму.
8	Привід вала (електродвигун або інерційний механізм)	Забезпечує обертання колеса або гальмівного диска з необхідною швидкістю для проведення випробувань.
9	Випробуване колесо	Об'єкт діагностики, на якому перевіряється робота систем ABS та ESP під час різних режимів гальмування.
10	Робоча рама стенду	Служить основою конструкції, забезпечує жорсткість, стійкість та надійне кріплення всіх вузлів стенду.
11	Система збору та обробки даних	Забезпечує реєстрацію параметрів роботи стенду, збереження результатів та формування діагностичних висновків.
12	Загальна характеристика стенду	Діагностичний стенд призначений для перевірки технічного стану систем ABS та ESP автомобіля, контролю параметрів гальмування, аналізу тиску в гальмівних контурах і оцінки ефективності роботи електронних систем активної безпеки.

Стенд обладнаний електронним модулем, який відтворює сигнали датчиків швидкості коліс. Даний модуль здатний моделювати обертання коліс у широкому діапазоні частот, а також створювати умови уповільнення

одного з коліс. Завдяки цьому можна перевіряти роботу системи ABS під час виникнення блокування колеса та оцінювати швидкість клапанів. Підключення електронного модуля до системи ABS здійснюється через штатний роз'єм за допомогою CAN-шини.

Крім того, на стенді розміщений електронний блок керування системою ESP. Він приймає сигнали від датчиків кута повороту керма та поперечного прискорення, які імітуються окремими електронними пристроями. Це дозволяє відтворювати різні режими руху автомобіля, зокрема екстрене гальмування під час проходження повороту. У результаті можна визначити ефективність роботи системи ESP та правильність регулювання нею гальмівних зусиль.

Для створення необхідного тиску в гідравлічній системі застосовується компактний електричний насос. Його основне призначення полягає у подачі робочої рідини до гідроблока під тиском, наближеним до робочих параметрів системи. Увімкнення насоса відбувається автоматично під час проведення діагностичних випробувань.

На панелі керування встановлений манометр, за допомогою якого контролюється тиск у гідравлічних контурах. Це дає можливість перевіряти справність роботи клапанів та насоса системи ABS.

Панель керування стендом оснащена дисплеєм і кнопками для вибору необхідного режиму роботи. Оператор може запускати перевірку систем ABS, ESP або окреме тестування гідравлічної частини. Після вибору режиму система автоматично виконує потрібні операції та відображає результати діагностики на екрані.

Наведемо детальний опис принципу роботи стенду та покроковий процес проведення діагностичних операцій.

Робота стенду базується на імітації реальних умов руху автомобіля та процесу гальмування.

Електродвигун (або інерційний механізм) через вал обертання розганяє випробуване колесо та гальмівні диски до заданої швидкості.

Через персональний комп'ютер оператор задає параметри випробування. Сигнал подається на виконавчий механізм (гідронасос / блок ABS/ESP), який створює робочий тиск у гальмівних магістралях.

У момент гальмування манометри фіксують тиск у кожному з контурів, а датчики (швидкості, зусилля) передають дані на комп'ютер. Результати у вигляді графіків (наприклад, осцилограм роботи клапанів ABS) виводяться на монітор.

Процес випробування виконується у 5 основних етапів:

Етап 1: Підготовчий етап та візуальний контроль.

- монтаж та фіксація: випробуване колесо встановлюється на платформу стенду. гальмівні диски та супорти надійно фіксуються на робочому валу обертання;
- підключення гідравліки: армовані гідравлічні магістралі високого тиску підключаються від виконавчого механізму (блоку ABS) до гальмівних супортів та манометрів;
- підключення електроніки: датчики та блок керування ABS/ESP під'єднуються до персонального комп'ютера для зчитування даних та подачі керуючих команд.

Етап 2: Імітація руху.

- через інтерфейс комп'ютера запускається привід вала (електродвигун);
- вал починає обертати колесо та додаткові гальмівні диски, імітуючи розгін автомобіля до певної швидкості (наприклад, 40–60 км/год);
- комп'ютер фіксує стабільну швидкість обертання. манометри на цьому етапі показують нульовий або мінімальний залишковий тиск.

Етап 3: Процес гальмування.

Оператор запускає програму випробування (імітацію екстреного або плавного гальмування):

- гідравлічний насос виконавчого механізму починає нагнітати гальмівну рідину через армовані магістралі до дискових гальм;

- гальмівні колодки стискають диски, створюючи опір обертанню вала та колеса;
- діагностика ABS та ESP. Якщо імітується екстрене гальмування на слизькій поверхні, комп'ютер дає команду блоку ABS на циклічне скидання/утримання тиску. клапани блоку починають швидко відкриватися й закриватися.

Етап 4: Зняття та аналіз даних.

Під час гальмування система фіксує ключові показники:

- оператор візуально контролює манометри тиску. всі чотири манометри дозволяють порівняти синхронність та величину тиску в різних контурах (чи немає затримок або падіння тиску в одному з них);
- на моніторі відображається осцилограма (графік зміни тиску в часі, робота клапанів, швидкість уповільнення колеса). це дозволяє побачити, чи коректно відпрацьовує електроніка блоку ABS/ESP;
- оцінюється час до повної зупинки вала та розвинуте гальмівне зусилля.

Етап 5: Завершення та формування звіту:

- після повної зупинки вала привід вимикається, тиск у системі скидається:
- комп'ютерна програма аналізує отримані графіки та порівнює їх із еталонними заводськими параметрами для даної моделі ABS/ESP.
- виводиться діагностичний звіт, на основі якого приймається рішення: блок справний, потребує прокачування (наявність повітря в контурі), заміни клапанів чи ремонту гідронасоса.

Отже, стенд для діагностики систем ABS/ESP є технічно виправданим, економічно ефективним і важливим напрямом розвитку сервісного підприємства, яке займається обслуговуванням та ремонтом систем активної безпеки автомобілів.

Стенд є комбінованим інструментом для глибокої технічної експертизи. Хоча зовнішній вигляд ПК (монітор ЕПТ, дисковод) натякає на

те, що це обладнання попереднього покоління, фізичні принципи гідравліки та механіки, які він використовує, залишаються актуальними і сьогодні.

3.2 Розрахунок конструктивних елементів стенду

Призначенням проектного стенда є імітація реальних режимів гальмування колеса автомобіля, дослідження динамічних процесів у гідравлічному контурі, а також перевірка працездатності виконавчих механізмів електронних систем активної безпеки (ABS та ESP).

Розрахуємо необхідну потужність електродвигуна, потрібну для розгону інерційної маси стенда (яка моделює частину маси автомобіля, що припадає на одне колесо) до встановленої лінійної швидкості протягом заданого нормативного часу.

Вихідні дані для розрахунку:

- імітована маса автомобіля, що припадає на колесо $m_{\text{іміт}} = 400$ кг.
- радіус випробуваного колеса (середній) $R_k = 0,3$ м.
- максимальна лінійна швидкість при випробуванні $v = 60 \frac{\text{км}}{\text{год}} =$

16,67 м/с.

- час розгону системи до максимальної швидкості $t_p = 10$ с.
- ККД приводу (редуктор, підшипники) $\eta = 0,92$.

Максимальна кутова швидкість приводного валу:

$$\omega = \frac{v}{R_k} = \frac{16,67}{0,3} = 55,57 \text{ рад/с}$$

Частота обертання валу:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 55,57}{3,1416} \approx 530 \text{ об/хв}$$

Динамічний розрахунок та визначення потужності. Зведений момент інерції системи (імітований):

$$J_{\text{зв}} = m_{\text{іміт}} \cdot R_k^2 = 400 \cdot 0,3^2 = 36 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Необхідне кутове прискорення валу при розгоні:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{55,57}{10} = 5,56 \text{ рад/с}^2$$

Динамічний момент розгону на валу:

$$M_{\text{дин}} = J_{\text{зв}} \cdot \varepsilon = 36 \cdot 5,56 = 200,16 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Необхідна потужність на валу приводу:

$$P_{\text{вал}} = M_{\text{дин}} \cdot \omega = 200,16 \cdot 55,57 = 11123 \text{ Вт} \approx 11,12 \text{ кВт}$$

Требувана потужність електродвигуна з урахуванням ККД:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{вал}}}{\eta} = \frac{11,12}{0,92} = 12,09 \text{ кВт}$$

Відповідно до каталогу було вибрано асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором серії 4АМ160S6 (потужністю $P = 11 \text{ кВт}$, синхронною частотою обертання 1000 об/хв , із забезпеченням короткочасного перевантаження під час пуску) або модель 4АМ160М4 15 кВт , 1500 об/хв), що працює у поєднанні з частотним перетворювачем для забезпечення точного регулювання швидкості обертання.

Найбільш навантаженими елементами стенду, що працюють у динамічному режимі, є приводний вал обертання (кручення + згин від зусилля гальмування) та балки робочої рами.

Розрахунок проведемо за третьою теорією міцності (теорія максимальних дотичних напружень). Максимальний гальмівний момент (при блокуванні гальм):

$$M_{\text{кр}} = 400 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Максимальна вертикальна сила від ваги колеса та вузлів:

$$F_v = 4000 \text{ Н (400 кгс)}.$$

Відстань між опорами підшипників (плече згину):

$$L = 0,8 \text{ м}.$$

Припустимо напруження для сталі 45:

$$[\sigma] = 80 \text{ МПа}.$$

Максимальний згинальний момент (посередині валу між опорами):

$$M_{\text{зг}} = \frac{F_v \cdot L}{4} = \frac{4000 \cdot 0,8}{4} = 800 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Еквівалентний розрахунковий момент:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{800^2 + 400^2} = \sqrt{640000 + 160000} \approx 894,4$$

Необхідний момент опору чистий для суцільного круглого перерізу валу:

$$W_x = \frac{M_{\text{екв}}}{[\sigma]} = \frac{894,4}{80 \cdot 10^6} = 11,18 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 11,18 \text{ см}^3$$

Визначення мінімально допустимого діаметра валу d :

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3 \quad d = \sqrt[3]{\frac{W_x}{0,1}} = \sqrt[3]{\frac{11,18 \cdot 10^{-6}}{0,1}} \approx 0,0482 \text{ м}$$

Згідно з ГОСТ 12080-66 приймаємо стандартний номінальний діаметр валу в місцях посадки елементів $d = 50$ мм. Розрахунок на міцність забезпечено.

Розглянемо балку нижньої платформи, на яку спирається випробуване колесо, як балку на двох опорах, навантажену зосередженою силою $F_v = 4000 \text{ Н}$.

Згинальний момент у небезпечному перерізі балки (довжина прольоту рами $l_{\text{рами}} = 0,6 \text{ м}$):

$$M_{\text{зг.р}} = \frac{F_v \cdot l_{\text{рами}}}{4} = \frac{4000 \cdot 0,6}{4} = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Допустиме напруження на згин для сталі Ст3пс:

$$[\sigma_{\text{ст}}] = 160 \text{ МПа}$$

Необхідний момент опору профілю:

$$W_{\text{х.р}} = \frac{M_{\text{зг.р}}}{[\sigma_{\text{ст}}]} = \frac{600}{160 \cdot 10^{-6}} = 3,75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 3,75 \text{ см}^3$$

Для рами обрано квадратну трубу $60 \times 60 \times 4$ мм. Згідно з довідковим сортаментом, момент опору такої труби становить $W_{\text{табл}} = 14,5 \text{ см}^3$.

Перевірка коефіцієнта запасу міцності:

$$W_{\text{табл}} = 14,5 \text{ см}^3 > W_{\text{х.р}} = 3,75 \text{ см}^3$$

Умова міцності виконується з великим технологічним запасом ($n \approx 3,8$), що необхідно для компенсації значних динамічних ударів та вібрацій під час різких циклів гальмування ABS.

В результаті проведеної роботи обґрунтовано конструктивну схему діагностично-випробувального стенду. На основі кінематичних та динамічних розрахунків обрано промисловий електродвигун та частотний регулятор.

Розрахунки на міцність підтвердили надійність головного приводного валу ($d = 50$ мм, сталь 45) та елементів робочої рами (профіль $60 \times 60 \times 4$ мм), що повністю гарантує безаварійну роботу обладнання в регламентних режимах випробувань.

3.3 Удосконалення конструкції діагностичного стенду для вимірювання та діагностики гальмівних систем ABS та ESP

Для ефективної діагностики гальмівних систем з ABS необхідне спеціалізоване обладнання, яке здатне відтворювати різні умови роботи та одночасно фіксувати параметри системи ABS в реальному часі розраховуючи на реальні дорожні умови.

Розроблений стенд для діагностики та випробування систем ABS та ESP є багатофункціональним обладнанням, яке дозволяє виконувати перевірку елементів гальмівної системи, аналізувати роботу виконавчих механізмів та контролювати параметри гідравлічних контурів у режимі реального часу.

Конструкція стенда включає персональний комп'ютер із програмним забезпеченням, монітор для візуалізації результатів, виконавчий механізм у вигляді гідравлічного насоса або модуля ABS/ESP, систему манометрів, армовані гідравлічні магістралі, привід обертання та випробувальне колесо.

Незважаючи на достатню функціональність представленої конструкції, сучасні вимоги до точності діагностики, швидкості обробки даних і

автоматизації процесів обслуговування транспортних засобів вимагають подальшого вдосконалення стенда. Підвищення ефективності його роботи можливе за рахунок модернізації як механічної частини, так і електронної системи керування та збору інформації.

Шляхи вдосконалення стенду для діагностування показано на рисунку 3.2, де відображено основні напрями його модернізації.

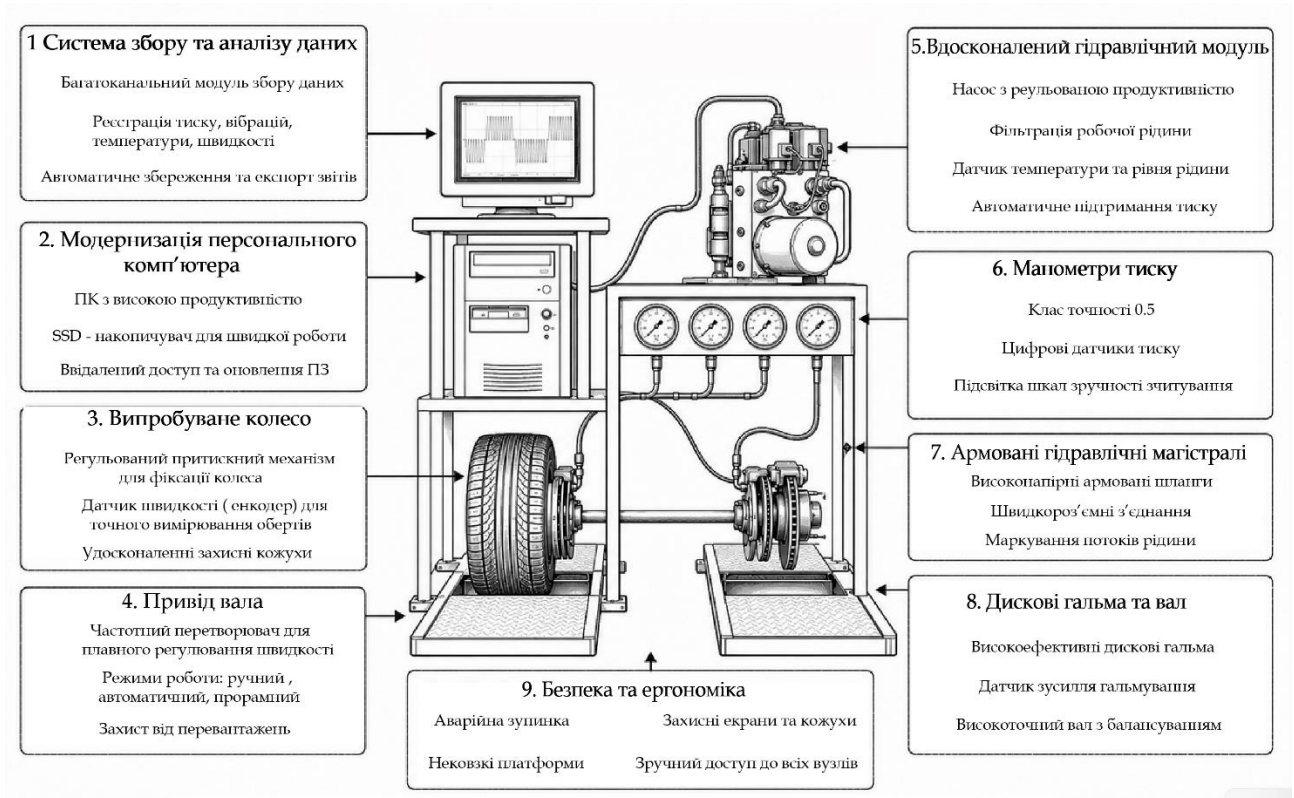


Рис.3.2. Шляхи удосконалення конструкції стенду з метою підвищення його надійності, зручності експлуатації та розширення функціональних можливостей під час перевірки систем ABS та ESP.

Одним із головних напрямів удосконалення є впровадження цифрової системи вимірювання замість аналогових манометрів тиску. Аналогові прилади мають обмежену точність і потребують постійного візуального контролю оператором, що збільшує ймовірність помилок під час проведення діагностики.

Використання електронних датчиків тиску з передачею даних безпосередньо до комп'ютера дозволить автоматично реєструвати параметри

в кожному гальмівному контурі, будувати графіки зміни тиску в реальному часі та зберігати результати випробувань у цифровому форматі. Таке рішення значно підвищить точність діагностування несправностей ABS та ESP, оскільки система зможе фіксувати навіть короточасні коливання тиску, які складно визначити за допомогою стрілочних приладів.

Крім того, автоматична реєстрація параметрів спростить аналіз результатів та дозволить створювати електронну базу даних проведених перевірок.

Важливим напрямом модернізації є вдосконалення приводу обертання випробувального колеса. У представленій конструкції привід може працювати від електродвигуна або інерційного механізму, однак ефективність випробувань значно підвищиться у разі застосування частотно-керованого електроприводу. Використання перетворювача частоти дозволить плавно змінювати швидкість обертання колеса, моделюючи різні режими руху автомобіля. Це дасть змогу точніше відтворювати реальні умови експлуатації транспортного засобу, зокрема гальмування на сухому або слизькому покритті, різкі зміни швидкості чи втрату зчеплення коліс із дорогою. Частотне регулювання також зменшить механічні навантаження на вузли стенда, підвищить довговічність обладнання та знизить енергоспоживання.

Для покращення роботи системи ABS та ESP доцільним є встановлення додаткових датчиків швидкості обертання коліс і датчиків прискорення. У сучасних автомобілях електронні системи стабілізації працюють на основі великої кількості інформації, зокрема швидкості обертання кожного колеса, кута повороту керма та поперечного прискорення кузова. Якщо стенд буде оснащений аналогічними вимірювальними елементами, це дозволить моделювати складні дорожні ситуації та перевіряти реакцію системи ESP у динамічному режимі. Отримані дані можуть передаватися до комп'ютера для подальшого аналізу, що забезпечить більш точне визначення несправностей електронних блоків керування.

Ще одним перспективним напрямом є автоматизація процесу діагностики. На даний момент значна частина операцій виконується оператором вручну, що збільшує тривалість перевірки та залежність результатів від людського фактора. Розробка спеціалізованого програмного забезпечення з функцією автоматичного тестування дозволить реалізувати покроковий алгоритм діагностики. У такому випадку оператору достатньо буде підключити необхідні елементи системи, після чого програма самостійно проводитиме випробування, аналізуватиме показники та формуватиме висновок про технічний стан ABS або ESP. Це значно скоротить час перевірки та підвищить точність результатів, особливо під час обслуговування великої кількості транспортних засобів.

Покращення ефективності роботи стенда також може бути досягнуте шляхом модернізації конструкції робочої рами. Існуюча конструкція забезпечує базову жорсткість, проте під час роботи на високих навантаженнях можуть виникати вібрації, які негативно впливають на точність вимірювань. Використання профільних труб більшого перерізу, додаткових ребер жорсткості та демпфуючих опор дозволить зменшити коливання конструкції та підвищити стабільність роботи стенда. Зниження вібрацій особливо важливе під час аналізу роботи датчиків швидкості та тиску, оскільки навіть незначні механічні коливання можуть викликати похибки у вимірюваннях.

Доцільним є також удосконалення системи охолодження виконавчого механізму та електроприводу. Під час тривалої роботи гідравлічний насос, електродвигун і гальмівні механізми нагріваються, що може впливати на стабільність характеристик системи.

Встановлення примусової вентиляції або рідинного охолодження дозволить підтримувати оптимальний температурний режим і забезпечити стабільну роботу стенда протягом тривалого часу. Це особливо актуально при проведенні серії випробувань або тестуванні систем після ремонту.

Для підвищення універсальності стенда варто передбачити можливість підключення різних типів гальмівних механізмів і електронних блоків керування. Сучасні автомобілі мають значну кількість конструктивних особливостей систем ABS та ESP, тому використання змінних адаптерів, універсальних кріплень і модульної системи підключення дозволить обслуговувати ширший спектр транспортних засобів. Це зробить стенд більш придатним для використання на сучасних станціях технічного обслуговування та в навчальних лабораторіях.

Ефективність роботи обладнання значно підвищиться і завдяки інтеграції стенда з діагностичними сканерами OBD-II. Таке рішення дозволить одночасно контролювати не лише механічні та гідравлічні параметри, а й зчитувати коди помилок електронного блоку керування автомобіля.

У результаті оператор отримає комплексну інформацію про стан системи ABS та ESP, що спростить пошук несправностей і скоротить час ремонту. Крім того, інтеграція зі сканерами дозволить перевіряти правильність роботи датчиків і виконавчих елементів без демонтажу окремих вузлів.

Перспективним напрямом розвитку стенда є впровадження системи дистанційного моніторингу та збереження результатів у хмарному середовищі. У цьому випадку результати випробувань можуть автоматично передаватися до електронної бази даних, що забезпечить можливість віддаленого аналізу параметрів, порівняння результатів різних перевірок та створення історії технічного стану автомобіля. Таке рішення особливо актуальне для великих сервісних центрів і навчальних установ, де необхідно вести облік проведених діагностичних операцій.

Отже, запропоновані шляхи вдосконалення дозволяють значно підвищити ефективність роботи стенда для діагностики систем ABS та ESP. Модернізація вимірювальної системи, автоматизація процесів, застосування цифрових датчиків, удосконалення приводу та конструкції рами забезпечать

підвищення точності вимірювань, скорочення часу діагностики та покращення умов експлуатації обладнання. У результаті стенд стане більш функціональним, надійним і адаптованим до сучасних вимог технічного обслуговування автомобільних систем активної безпеки.

Висновки до розділу III

В розділі розроблено конструкцію діагностичного стенда. Виконано аналіз вимог до діагностики гальмівних систем ABS/ESP, Розроблено структурну схему стенда та наведено обґрунтування його основних вузлів і складових елементів.

Проведено розрахунки, що забезпечують обґрунтування працездатності та надійності розробленої конструкції.

Розроблено технічні рішення щодо підвищення точності вимірювань, удосконалення системи збору та обробки даних, а також інтеграції цифрових засобів контролю. Запропоновано конструктивні зміни, спрямовані на підвищення надійності, зручності експлуатації та ефективності діагностичного процесу.

У результаті вдосконалення стенду було підвищено його функціональність, точність вимірювань та надійність роботи. Модернізація системи збору й аналізу даних, оновлення персонального комп'ютера та встановлення сучасних датчиків забезпечили автоматизацію процесів контролю і обробки інформації. Удосконалення гідравлічного модуля, приводу вала та гальмівної системи дозволило підвищити стабільність і ефективність випробувань. Крім того, впроваджені заходи з безпеки та ергономіки покращили умови експлуатації стенду та знизили ризик виникнення аварійних ситуацій. Загалом проведені вдосконалення забезпечують більш точне, безпечне та продуктивне проведення випробувань.

РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги охорони праці при діагностиці автомобільних систем

Діагностика автомобільних систем є важливим етапом технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів. Вона включає використання електронного діагностичного обладнання, стендів, вимірювальних приладів, а також роботу з електричними, гідравлічними та механічними системами автомобіля.

У зв'язку з цим процес діагностики пов'язаний із підвищеною небезпекою для здоров'я працівника, тому дотримання вимог охорони праці є обов'язковою умовою безпечного виконання робіт.

Охорона праці під час виконання діагностики автомобільних систем є одним із ключових елементів забезпечення безпечної роботи на станціях технічного обслуговування, у діагностичних центрах та в умовах навчально-виробничих майстерень. Сучасні автомобілі оснащені складними електронними, гідравлічними та механічними системами,

Робота з такими системами вимагає не лише високої кваліфікації виконавця, але й суворого дотримання вимог охорони праці, оскільки будь-яке порушення може призвести до травмування працівника, пошкодження обладнання або некоректної діагностики.

Перш за все, важливо враховувати загальні вимоги безпеки, які поширюються на всі види робіт з автомобілями. Особлива увага приділяється знанням правил роботи з електрообладнанням, оскільки більшість сучасних систем автомобіля функціонують під напругою, що може бути небезпечною для людини при неправильному поводженні. Перед початком робіт діагност повинен оцінити робоче місце, переконатися у його справному стані, наявності достатнього освітлення та вентиляції, а також відсутності сторонніх предметів, що можуть створювати ризик травмування.

Важливим аспектом охорони праці є підготовка автомобіля до діагностики. Перед підключенням діагностичного обладнання необхідно вимкнути двигун, зафіксувати транспортний засіб на рівній поверхні, використати стоянкове гальмо та, за необхідності, додаткові упори під колеса. При роботі з електронними системами слід дотримуватися правил відключення живлення, щоб уникнути короткого замикання або пошкодження електронних блоків керування. Особливо це стосується систем подушок безпеки, де неправильне втручання може спричинити їх випадкове спрацювання.

Під час виконання діагностики важливо використовувати лише справне та сертифіковане обладнання. Сканери, мультиметри, осцилографи та стендові установки повинні проходити регулярну перевірку та калібрування. Забороняється використовувати саморобні або пошкоджені пристрої, оскільки це може призвести до помилкових результатів або створити небезпечну ситуацію для працівника. При підключенні діагностичних приладів необхідно суворо дотримуватися інструкцій виробника, правильно під'єднувати роз'єми та уникати контакту з оголеними провідниками.

Не менш важливою є організація робочого місця. Воно повинно бути чистим, добре освітленим і достатньо просторим для безпечного переміщення працівника та обладнання. Всі інструменти мають бути розміщені у спеціально відведених місцях, щоб уникнути їх випадкового падіння або втрати. Проводи діагностичного обладнання повинні бути зафіксовані таким чином, щоб не створювати перешкод під час роботи та не спричиняти спотикання.

Під час виконання діагностичних робіт працівник зобов'язаний використовувати засоби індивідуального захисту. До них належать захисний одяг, рукавички, а в деяких випадках діелектричне взуття. Використання таких засобів знижує ризик травмування при контакті з гарячими поверхнями двигуна, електричними елементами або мастильними матеріалами. Також важливо дотримуватися правил особистої гігієни, оскільки робота з

технічними рідинами може негативно впливати на шкіру та організм у цілому.

Окрему увагу слід приділити безпеці при роботі зі стендовим діагностичним обладнанням. Такі установки часто працюють під навантаженням і можуть створювати підвищений рівень шуму, вібрацій та температури. Працівник повинен бути ознайомлений з принципом роботи обладнання та не допускати перевищення допустимих режимів експлуатації. Перед початком роботи необхідно перевірити справність усіх датчиків та систем контролю, а також переконатися у відсутності витоків рідин або механічних пошкоджень.

Важливим елементом охорони праці є правильна поведінка у разі виникнення аварійної ситуації. Якщо під час діагностики виявлено ознаки несправності, такі як задимлення, іскріння або різкий запах горілого, роботу необхідно негайно припинити, відключити обладнання від живлення та повідомити відповідальну особу. Працівник повинен знати розташування засобів пожежогасіння та вміти ними користуватися. Також необхідно мати навички надання першої домедичної допомоги у разі ураження електричним струмом або механічних травм.

Не менш важливо дотримуватися правил інформаційної безпеки при роботі з електронними системами автомобіля. Під час діагностики часто використовується програмне забезпечення, яке взаємодіє з електронними блоками керування.

Некоректне використання програм або неправильне оновлення може призвести до збою роботи систем автомобіля. Тому необхідно використовувати лише ліцензійне програмне забезпечення та дотримуватися інструкцій виробника.

Таким чином, охорона праці при діагностиці автомобільних систем охоплює комплекс організаційних, технічних та особистих заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці. Дотримання цих вимог

дозволяє знизити ризики травматизму, підвищити ефективність діагностичних робіт та забезпечити надійність результатів.

У сучасних умовах розвитку автомобільної техніки значення охорони праці постійно зростає, оскільки системи автомобіля стають все більш складними та чутливими до неправильного втручання.

4.2 Електробезпека під час діагностичних робіт

Особливу увагу слід приділяти роботі з електричними системами автомобіля. Висока щільність електронних компонентів та наявність різних електронних блоків управління вимагають обережного поводження.

Перед початком діагностики необхідно перевірити справність діагностичного обладнання, кабелів, штекерів та електричних роз'ємів. Не допускається використання обладнання з пошкодженою ізоляцією проводів або несправними контактами.

Необхідно впевнитися у правильності підключення обладнання до електромережі та наявності заземлення. Діагностичні прилади повинні живитися через справні розетки та захисні автоматичні вимикачі.

Перед підключенням сканера або стендового обладнання слід перевірити стан акумуляторної батареї автомобіля та відсутність пошкоджень електропроводки. У разі виявлення оголених проводів або слідів короткого замикання виконання робіт забороняється до усунення несправностей.

Під час роботи з електронними блоками керування необхідно уникати статичної електрики. Для цього рекомендується використовувати антистатичні браслети або періодично торкатися заземлених металевих поверхонь.

Під час роботи забороняється:

- використовувати саморобні подовжувачі та несправні електроприлади;

- залишати підключене обладнання без нагляду;
- працювати у вологому приміщенні;
- класти металеві предмети на акумуляторну батарею;
- виконувати ремонт електрообладнання під напругою.

Після завершення діагностичних робіт необхідно вимкнути запалювання автомобіля та від'єднати діагностичне обладнання. Відключення кабелів слід виконувати акуратно, не допускаючи пошкодження роз'ємів та проводів. Потрібно вимкнути живлення стендів, комп'ютерів та вимірювальних приладів від електромережі. Робоче місце необхідно привести до належного стану, прибрати інструменти та перевірити відсутність сторонніх предметів у моторному відсіку автомобіля.

Усі несправності обладнання або випадки порушення електробезпеки слід повідомити керівнику робіт.

4.3 Пожежна безпека в діагностичній зоні

До виконання діагностичних робіт допускаються особи, які пройшли інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки, ознайомлені з правилами користування діагностичним обладнанням і засобами пожежогасіння.

1. Приміщення для проведення діагностики повинно бути обладнане справною вентиляцією, електроосвітленням та первинними засобами пожежогасіння.

2. На робочому місці необхідно підтримувати чистоту та порядок. Забороняється захаращувати проходи, евакуаційні виходи та доступ до пожежного інвентарю.

3. У зоні проведення діагностики забороняється паління, використання відкритого вогню та проведення робіт, що можуть викликати займання.

4. Перед початком роботи необхідно перевірити справність електропроводки, діагностичного обладнання та з'єднувальних кабелів.

5. Слід переконатися у відсутності витоків пального, мастила або інших легкозаймистих речовин з автомобіля.
6. Робоче місце повинно бути забезпечене вогнегасником, який має справний технічний стан та не прострочений термін придатності.
7. Необхідно перевірити наявність вільного доступу до аварійного вимикача електроживлення.
8. Перед підключенням діагностичного обладнання необхідно переконатися, що акумуляторна батарея автомобіля закріплена та не має пошкоджень.
9. Під час діагностики необхідно користуватися лише справним обладнанням заводського виготовлення.
10. Забороняється експлуатувати обладнання з пошкодженою ізоляцією проводів або несправними електричними елементами.
11. Не допускається залишати без нагляду ввімкнене діагностичне обладнання.
12. Під час роботи необхідно уникати потрапляння пального, мастил та інших горючих речовин на електроприлади та кабелі.
13. Забороняється класти на акумулятор металеві предмети, які можуть викликати коротке замикання.
14. При появі запаху гару, диму або іскріння необхідно негайно вимкнути обладнання та відключити автомобіль від джерела живлення.
15. Заряджання акумуляторних батарей слід проводити лише у спеціально відведених приміщеннях із достатньою вентиляцією.
16. Забороняється використовувати саморобні подовжувачі, несправні розетки та перевантажувати електромережу.
17. Після завершення діагностики необхідно вимкнути все електричне обладнання від мережі живлення.
18. Слід прибрати робоче місце від використаних матеріалів, ганчір'я та інших легкозаймистих відходів.

19. Необхідно перевірити відсутність витоків пального та нагрівання електрообладнання.
20. Інструменти та діагностичні прилади потрібно розмістити у спеціально відведених місцях зберігання.
21. У разі виникнення пожежі необхідно негайно припинити роботу та вимкнути електроживлення.
22. Про пожежу слід повідомити пожежну службу та керівника робіт.
23. При невеликому осередку займання необхідно використати вогнегасник відповідного типу.
24. Якщо загасити пожежу власними силами неможливо, необхідно організувати евакуацію людей із приміщення.
25. Під час евакуації забороняється користуватися несправними або задимленими проходами.
26. Після прибуття пожежної служби необхідно повідомити про місце займання та можливу наявність легкозаймистих речовин або акумуляторних батарей.

Висновки до розділу IV

В розділі розглянуто основні правила безпеки під час виконання діагностичних робіт, проаналізовано потенційні виробничі небезпеки та шкідливі фактори. Вивчено основні правила електробезпеки під час виконання діагностичних робіт, проаналізовано вимоги до безпечної експлуатації обладнання.

Розглянуто вимоги пожежної безпеки в діагностичній зоні, проаналізовано потенційні джерела займання та ризики їх виникнення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В теоретичному розділі розглянуто загальну характеристику систем активної безпеки автомобіля, їх призначення, принцип дії та роль у забезпеченні безпеки руху. Проведено аналіз основних систем активної безпеки, зокрема ABS та ESP. Проведено аналіз взаємодії систем ABS і ESP для підвищення безпеки руху автомобіля, функціонування основних елементів систем. Проаналізовано типові несправності систем ABS та ESP у легкових автомобілях.

В технологічному розділі було проведено аналіз існуючих конструкцій стендів для діагностики гальмівних систем ABS і ESP легкових автомобілів. Розроблено структурну модель АПТКС, яка включає роликовий стенд, гальмівну систему автомобіля, датчики контролю параметрів та блок обробки сигналів. Розглянуто методи впровадження вузького штучного інтелекту (ANI) та розширеного штучного інтелекту (AGI) у системах активної безпеки транспортних засобів.

В розрахунково-конструктивному розроблено конструкцію діагностичного стенда. Розроблено структурну схему стенда та наведено обґрунтування його основних вузлів і складових елементів. Проведено розрахунки, що забезпечують обґрунтування працездатності та надійності розробленої конструкції. Проведене вдосконалення стенду дозволило підвищити точність вимірювань, надійність і ефективність роботи обладнання. Модернізація системи керування, гідравлічного модуля та вимірювальних елементів забезпечила автоматизацію процесів і покращення умов проведення випробувань. Також підвищено рівень безпеки та зручності експлуатації стенду.

В розділі охорона праці розглянуто основні правила безпеки під час виконання діагностичних робіт, проаналізовано потенційні виробничі небезпеки та шкідливі фактори. Вивчено основні правила електробезпеки під час виконання діагностичних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gajek A Стендове діагностування транспортних засобів. Львів : ЛНУ, 2020. 205 с.
2. Аналіз ефективності гальмівних систем із ABS на діагностичних стендах : дипломна робота. НУ «Львівська політехніка», 2020.
3. Андрієнко Р. І. Розробка системи діагностичного обладнання електронних блоків управління автомобілів : бакалавр. робота. Харків : ХНАДУ, 2023.
4. Діагностика гальмівних систем автомобілів. Київ : Ліра-К, 2021. 198 с.
5. Діагностика систем активної безпеки автомобіля (ABS/ESP) на стендовому обладнанні : кваліфікаційна робота. КПП ім. Ігоря Сікорського, 2022.
6. Дослідження конструкцій та обслуговування гальмівних систем автомобіля : матеріали дипломної роботи. ХНАДУ, 2021.
7. Заставний О. А., Чехович І. М. Удосконалення методів діагностики гальмівної системи легкового автомобіля на роликовому стенді : магістерська робота. НТУ «ХПІ», 2023.
8. Кашканов В. А., Мельник Б. В. Аналіз методів діагностування ABS автомобілів.
9. Конопко В. І. Автомобільні гальмівні системи та їх діагностика. Львів: ЛП, 2024. 260 с.
10. Львівська політехніка. Системи активної безпеки автомобіля (ABS, ESP, ASR) : методичні вказівки. Львів, 2024.
11. Мельников Г. О., Дигало В. Г., Ларін Є. С. Діагностичний комплекс для перевірки ABS та ESP. Науковий журнал. 2021.
12. Огневий В. О., Бабій М. О. Аналіз стендів для діагностування гальмівних систем автотранспортних засобів. ВНТУ, 2020.

13. Петренко Ю. В. Стендові випробування гальмівних систем автомобіля. Одеса: ОНПУ, 2022. 110 с.
14. Розробка методики випробувань гальмівної системи автомобіля на роликовому стенді : магістерська робота. ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2022.
15. Савчук С. І. Методи діагностики систем ABS і ESP автомобілів. *Технічні науки*. 2023. №2. С. 45–52.
16. Савчук С. І., Халилов В., Умеров Е. Д. Конструкція і робота систем ABS, ASR, EDS, ESP сучасного легкового автомобіля: навчальний посібник. 2023. 137 с.
17. Трефільєв О. Ю. Удосконалення стендового методу діагностування гальмівних систем легкових автомобілів. ХНАДУ, 2022.
18. Удосконалення стендового методу діагностування гальмівних систем легкових автомобілів. Харків : ХНАДУ, 2022.
19. Чернета О. Г., Серeda Б. П., Кубіч В. І. Основи технічної діагностики: навч. посібник. Кам'янське: ДДТУ, 2024. 216 с.
20. Шаповалов С. М. Системи ABS та ESP: будова і принцип дії. Харків : ХНАДУ, 2023. 190 с.