

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

ПЕРІГ ІВАН ПЕТРОВИЧ

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДІАГНОСТИКИ
ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ З РОЗРОБКОЮ
СТЕНДУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ГАЛЬМІВНИХ ПАРАМЕТРІВ**

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

Особистий підпис – _____ І. П. Періг

Науковий керівник – _____ К.Т.Н., доцент О. О. Ревякіна
(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. Періг Іван Петрович
(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 Ревякіна Ольга Олександрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
6. Тема кваліфікаційної роботи
Удосконалення технологічних процесів діагностики гальмівних систем легкових автомобілів з розробкою стенду для контролю гальмівних параметрів
7. Термін подання роботи на кафедру 08.05.2026 р.

<i>№</i>	<i>Заходи</i>	<i>Термін виконання</i>	<i>Відмітка про виконання</i>
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 _____ Періг І. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Ревякіна О. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Удосконалення технологічних процесів діагностики гальмівних систем легкових автомобілів з розробкою стенду для контролю гальмівних параметрів» виконана на 70 сторінках пояснювальної записки з використанням 20 літературних джерел.

У роботі розглянуто питання:

- призначення та конструкцію гальмівної системи легкового автомобіля;
- обґрунтовано методики випробувань гальмівних систем автомобілів з ABS;
- проведено аналіз обладнання для ремонту гальмівних систем;
- розроблено конструкцію стенду для діагностики гальмівної системи.

Удосконалення технологічних процесів діагностики гальмівних систем легкових автомобілів спрямоване на підвищення точності та оперативності оцінки їх технічного стану. Сучасні методи передбачають використання автоматизованих систем контролю, які дозволяють швидко визначати основні параметри ефективності гальмування.

Розробка спеціалізованого стенду для контролю гальмівних параметрів забезпечує можливість комплексної перевірки роботи гальмівної системи в умовах, максимально наближених до експлуатаційних, що підвищує достовірність результатів та сприяє підвищенню безпеки руху.

Таким чином, удосконалення у цьому напрямі є своєчасними й важливими для впровадження ефективних методів та технологій.

Ключові слова: гальмівна система, випробувальний стенд, легкові автомобілі, технічний стан автомобіля, діагностичні вимірювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I ТЕОРЕТИЧНИЙ	7
1.1 Конструктивні особливості гальмівної системи легкового автомобіля ...	7
1.2 Гальмівні системи автомобілів, що обладнані антиблокувальною системою (ABS)	14
1.3 Процеси відновлення та технічного обслуговування гальмівної системи легкового автомобіля	22
Висновки до розділу I.....	28
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	29
2.1 Вибір технологічного устаткування та визначення площі виробничих приміщень СТО	29
2.2. Дорожна та стендова діагностика гальмівної системи легкових автомобілів	34
2.3 Оптимізація методики випробувань гальмівних систем автомобілів з ABS на роликівих стендах	42
Висновки до розділу II.....	47
РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	48
3.1 Розробка конструкції стенду для діагностики гальмівної системи легкового автомобіля	48
3.2 Принцип роботи випробувального стенду.....	52
3.3 Удосконалення методики стендових випробувань гальмівних механізмів легкових автомобілів.....	57
Висновки до розділу III	62
РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ.....	63
4.1 Вимоги безпеки під час ремонту та діагностування гальмівної системи автомобіля	63
4.2 Протипожежні заходи на станції технічного обслуговування.....	64
4.3 Використання засобів індивідуального захисту технологічних процесів з діагностики гальмівних систем	66
Висновки до розділу IV	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70

ВСТУП

Надійність та ефективність гальмівної системи легкового автомобіля є визначальними чинниками безпеки дорожнього руху, оскільки саме вона забезпечує можливість своєчасного зниження швидкості та повної зупинки транспортного засобу в різних умовах експлуатації.

Від справності гальмівної системи залежить не лише безпека водія і пасажирів, але й рівень загальної дорожньої безпеки. У зв'язку з цим актуальним є удосконалення технологічних процесів діагностики та контролю її параметрів.

Сучасні методи перевірки гальмівних систем базуються як на дорожніх випробуваннях, так і на використанні спеціалізованого діагностичного обладнання, зокрема роликових стендів.

Однак наявні технічні засоби не завжди дозволяють отримати комплексну інформацію про роботу системи, а також характеризуються певними обмеженнями щодо точності вимірювань, зручності експлуатації та можливостей автоматизації процесу контролю. Це зумовлює необхідність розробки удосконалених стендів, які б забезпечували більш високий рівень достовірності результатів та відповідали сучасним вимогам стандартизації й безпеки.

Таким чином, дослідження, спрямовані на вдосконалення технологічних процесів діагностики гальмівних систем легкових автомобілів із одночасною розробкою стенду для контролю гальмівних параметрів, мають важливе наукове та практичне значення. Реалізація таких розробок сприятиме підвищенню ефективності технічного обслуговування та ремонту, зменшенню аварійності, а також продовженню ресурсу експлуатації автомобілів.

РОЗДІЛ І ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1 Конструктивні особливості гальмівної системи легкового автомобіля

Гальмівна система (рис. 1.1) являється однією з основних систем, що впливає на безпеку руху. Через несправність гальм автомобіля та причепа виникає близько 50% дорожно-транспортних пригод по причині технічних несправностей. Експлуатація будь-якого автомобіля допускається лише за умови справності його гальмової системи.

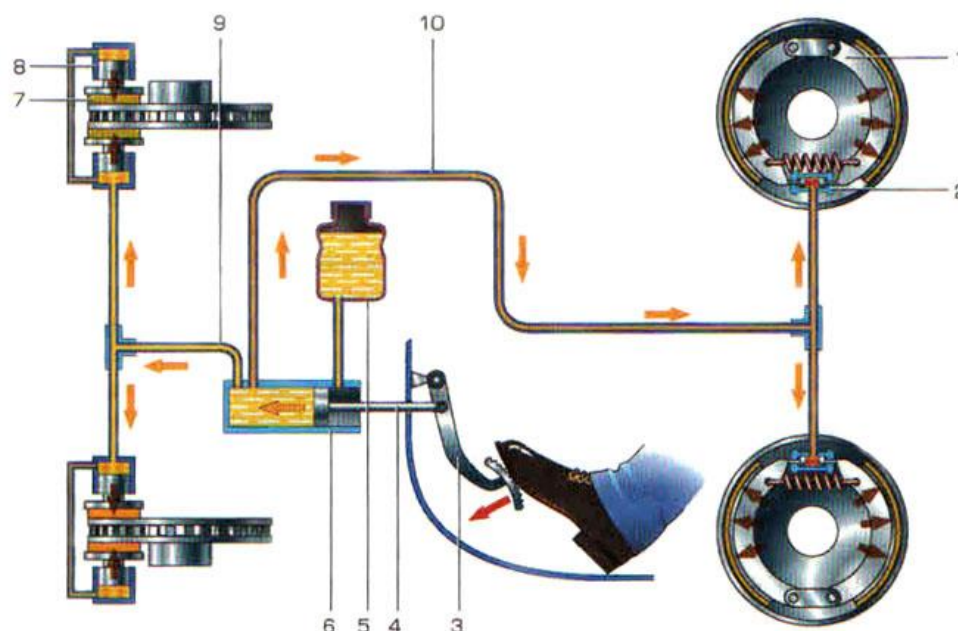


Рис. 1.1. Загальна схема гальмівної системи легкового автомобіля:

1, 7 – гальмівна колодка гальмівного механізму (барабанного); 2 – гальмівний циліндр; 3 – педаль гальм; 4 – шток за поршнем; 5 – гальмівний бак; 6 – головний гальмівний циліндр; 8 – колісний гальмівний циліндр; 9, 10 – трубопровід гальмівної системи.

Водіям, на транспортних засобах, якими вони керують, робоча гальмова система є не діючою, тобто не дає змоги водію зупинити транспортний засіб під час руху з мінімальною швидкістю, забороняється

подальший рух. Гальмівна система автомобіля призначена для зниження його швидкості, зупинки й утримування на місці.

Гальмівна сила виникає між колесом та дорогою й спрямована проти напрямку обертання колеса, тобто перешкоджає його обертанню. Максимальне значення гальмівної сили на колесі залежить від можливостей механізму, який створює цю силу, від навантаження, що припадає на колесо та від коефіцієнта зчеплення з дорогою.

За умови однаковості всіх факторів, що визначають силу гальмування, ефективність гальмової системи залежатиме насамперед від особливостей конструкції механізмів, які гальмують автомобіль. На сучасних автомобілях для підвищення безпеки руху встановлюють кілька гальмівних систем, що за призначенням поділяються на:

- робочу;
- запасну;
- стоянкову;
- допоміжну.

Робоча гальмівна система використовується в усіх режимах руху автомобіля для зниження його швидкості, аж до повної зупинки. Вона приводиться в дію зусиллям ноги водія, що прикладається до педалі ногового гальма.

Основна гальмівна система складається з гальмівного приводу і гальмівних механізмів. На легкових автомобілях застосовується переважно гідравлічний привід.

Ефективність дії робочої гальмівної системи оцінюється по гальмівному шляху – відстані на горизонтальній сухій дорозі з твердим покриттям, на якій здійснюється гальмування автомобіля від швидкості 40 км/год до повної зупинки. Гальмовий шлях вимірюється з моменту натискання на гальмову педаль до повної зупинки транспортного засобу.

Запасна гальмова система призначається для зупинки автомобіля в разі відмови робочої гальмової системи. Ефективність запасної гальмової системи

може бути нижчою ефективності робочої гальмової системи. Функції запасної системи може виконувати справна частина робочої гальмової системи (найчастіше) або стоянкова система.

Стоянкова гальмова система призначається для утримування зупиненого автомобіля на місці, щоб не допустити його самовільного руху (наприклад, на схилі). Стоянкова гальмова система приводиться в дію від важеля рукою водія та повинна утримувати автомобіль з повним навантаженням на уклоні не менше ніж 16%.

Допоміжна гальмова система використовується у вигляді гальма-уповільнювача на автомобілях великої вантажопідйомності для зменшення навантаження на робочу гальмову систему в разі тривалого гальмування, наприклад, на затяжному спуску в гірській або пагорбистій місцевості. Ця гальмова система має підтримувати сталу швидкість 30 км/год на спуску з нахилом 7% протяжністю 6 км.

Допоміжна система встановлюється незалежною від інших гальмових систем. Кожна гальмівна система складається із гальмових механізмів і гальмових приводів. Гальмовий механізм служить для створення штучного опору коченню. У цьому випадку кінетична енергія автомобіля, що рухається, витрачається на нагрівання тертьових деталей гальм. Сила тертя, що виникає, зупиняє колесо.

За місцем встановлення гальмові механізми бувають:

- колісні (встановлюватися безпосередньо в колесах автомобіля);
- трансмісійні (встановлюються на деталях силової передачі, що обертаються).

По конструктивному признаку гальмові механізми поділяються на барабанні та дискові. Барабанні гальмові механізми застосовуються переважно на вантажних автомобілях, дискові – на легкових автомобілях.

У барабанних гальмових механізмах сила тертя створюється на внутрішній поверхні барабана, який обертається; у дискових гальмових механізмах – на бокових поверхнях диску, що обертається.

Колісний барабанний гальмовий механізм представляє пару гальмівних колодок 4 (рис. 1.2), змонтованих всередині гальмівного барабана 3, який обертається разом із маточиною колеса.

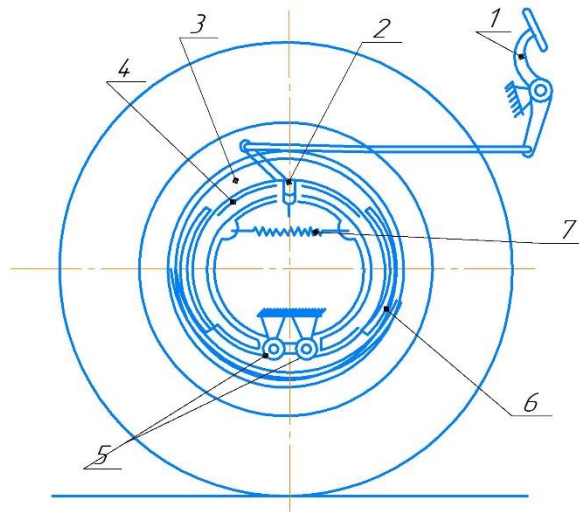


Рис. 1.2. Схема колісного гальмового механізму: 1 – педаль гальма; 2 – розтискний кулак; 3 – гальмовий барабан; 4 – гальмова колодка; 5 – пальці колодок; 6 – накладки колодок; 7 – стяжна пружина.

Колодки встановлені на нерухомому гальмовому диску, опираються на пальці 5 і стягнуті пружиною 7.

До поверхонь колодок зі сторони барабана приклепані фрикційні накладки 6. При натисканні на педаль 1 колодки розсовуються кулаками 2 або поршнями гідравлічного циліндра до стикаються з гальмовим барабаном 3. Тертя колодок об барабан викликає гальмування колеса. Після припинення тиску на педаль колодки пружиною 7 повертаються в вихідне положення.

Дисковий гальмовий механізм (рис. 1.3) складається з гальмового диска 1, який закріплено на маточині колеса. Гальмовий диск обертається між половинками 8 і 9 скоби, прикріпленої до стояка 4 передньої підвіски. У кожній половинці скоби виточені пази під колісні циліндри з великим 13 і малим 12 поршнями.

Після натискання на гальмову педаль рідина з головного гальмового циліндра шлангами 2 перетікає в порожнини колісних циліндрів і передає

тиск на поршні, які, переміщуючись з двох боків, притискають гальмові колодки 10 до диска 1, завдяки чому й відбувається гальмування.

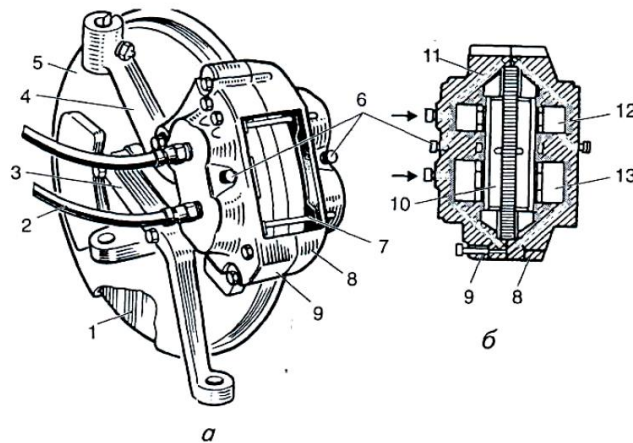


Рис. 1.3. Колісний дисковий гальмовий механізм а – у зборі; б – розріз по вісі колісних гальмових циліндрів; 1 – гальмовий диск; 2 – шланги; 3 – поворотний важіль; 4 – стояк передньої підвіски; 5 – брудозахисний диск; 6 – клапани випускання повітря; 7 – шпилька кріплення колодок; 8, 9 – половинки скоби; 10 – гальмівна колодка; 11 – канал підведення рідини; 12, 13 – відповідно малий і великий поршні.

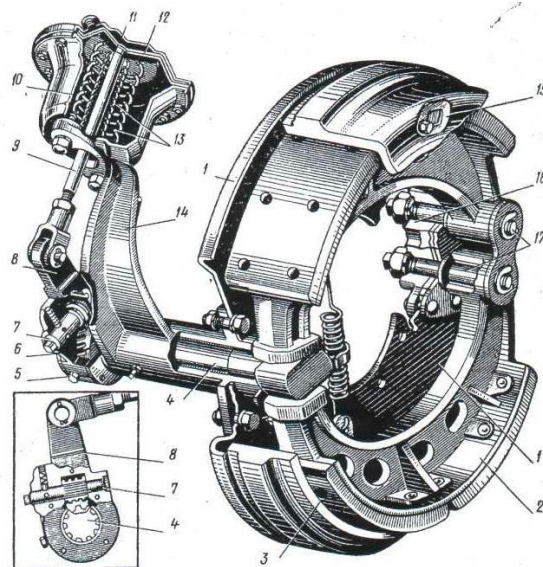


Рис. 1.4. Колісний барабанний гальмовий механізм 1 – опорний диск; 2 – колодка гальма; 3 – гальмовий барабан; 4 – вал розтискного кулака; 5 – пробка отвору для мащення; 6 – черв'ячна шестерня; 7 – черв'як; 8 – важіль; 9 – шток гальмової камери; 10 – корпус гальмової камери; 11 – кришка гальмової камери; 12 – діафрагма; 13 – пружина; 14 – кронштейн гальмової камери; 15 – кришка люка; 16 – кронштейн вісі колодок; 17 – ексцентрикові вісі колодок.

Гальмовий привод – це сукупність пристроїв для передачі зусилля від ноги (руки) водія на гальмові механізми та управління ними в процесі гальмування. Привод може бути механічним, гідравлічним, пневматичним або пневмогідравлічним (комбінованим).

Механічний привід гальмових механізмів являє собою систему тяг (тросів), важелів та валів, які з'єднують ножну педаль або ручний важіль з гальмовими механізмами. У сучасних автомобілях цей вид приводу використовують тільки для приводу стоянкових гальмових механізмів. Причинами цього є недоліки механічного приводу: складність і важкість його компоновки на автомобілі; трудомісткий догляд (необхідність періодичного регулювання і мащення); низький ККД. Механічний гальмовий привід доцільний для стоянкової гальмової системи завдяки тому, що він може забезпечити високу надійність при тривалій дії.

Схеми механічного приводу наведені на (рис. 1.5). У гідравлічному приводі зусилля від гальмової педалі до гальмових механізмів передається гальмовою рідиною. Такий привід застосовується на всіх легкових автомобілях і на вантажних автомобілях повною масою до 7,5 т.

Перевагами такого приводу є: малий час спрацювання; зручність компоновки; високий ККД (до 0,95); можливість розподілу приводних зусиль між гальмовими механізмами передніх і задніх коліс за рахунок використання робочих циліндрів різного діаметру.

Гідравлічний привід являє собою систему передачі енергії за допомогою рідини під тиском, яка забезпечує рух і керування механізмами різного призначення. Основним принципом його роботи є використання рідини, зазвичай масла, яка через насос подається під тиском у циліндри або моторні механізми, створюючи силу і переміщення.

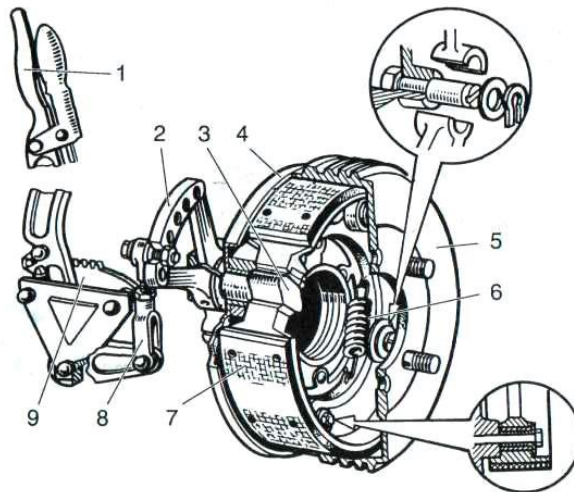


Рис. 1.5. Схема механічного приводу стоянкової гальмової системи вантажного автомобіля: 1 – важіль з рукояткою; 2 – регулювальний важіль; 3 – розтискний кулак; 4 – опорний диск; 5 – гальмовий барабан; 6 – пружина; 7 – колодки; 8 – тяга; 9 – сектор.

Гідравлічний привод включає такі основні компоненти: головний гальмовий циліндр 4 (рис. 1.6), який забезпечує створення тиску гальмової рідини в системі.

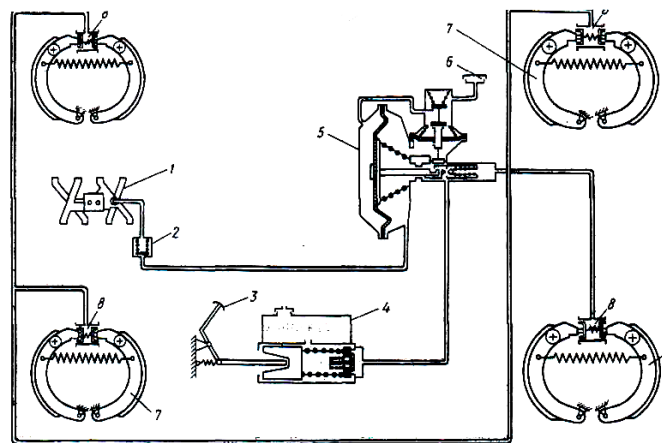


Рис. 1.6. Схема гальмової системи з гідравлічним приводом: 1 – впускний трубопровід двигуна; 2 – запірний клапан; 3 – педаль; 4 – головний гальмовий циліндр; 5 – гідро вакуумний підсилювач; 6 – фільтр; 7 – гальмова колодка; 8 – колісний гальмовий циліндр.

Колісні гальмові циліндри 8, що передають цей тиск на гальмові колодки 7; систему з'єднувальних трубопроводів і шлангів; педаль 3; а також

гідро-вакуумний підсилювач 5 з фільтром 6, який через запірний клапан 2 з'єднується з впускним трубопроводом 1 двигуна. Вся гальмівна система постійно перебуває під тиском і заповнена гальмовою рідиною.

1.2 Гальмівні системи автомобілів, що обладнані антиблокувальною системою (ABS)

Антиблокувальна гальмівна система (ABS) – це система гальмування транспортного засобу, яка автоматично регулює ступінь проковзування коліс у процесі їх обертання під час гальмування.

Більшість сучасних автомобілів обладнані ABS із гідравлічним приводом. Основна причина застосування саме гідравлічного приводу на легкових авто полягає у його простоті конструкції та високій швидкодії [9]. На відміну від пневматичних систем, гідравлічні працюють значно швидше, оскільки гальмівна рідина практично не стискається. Разом із тим, для таких систем характерна повна неприпустимість розгерметизації, що створює певні труднощі під час діагностики їхньої працездатності.

Антиблокувальна система повинна відповідати низці вимог, що стосуються як безпеки процесу гальмування, так і надійності роботи гальмівної системи загалом. Її основне призначення полягає у збереженні стійкості та керованості автомобіля, оскільки:

- під час гальмування контроль над процесом повинен гарантувати стабільність руху та можливість маневрування за будь-яких дорожніх умов – на сухій чи мокрій поверхні, а також на льодовому покритті;
- система має забезпечувати максимально ефективне використання коефіцієнта зчеплення коліс із дорожнім покриттям, при цьому перевага надається збереженню стійкості транспортного засобу та працездатності рульового управління, навіть якщо це супроводжується збільшенням гальмівного шляху;

– регулювання процесу гальмування повинно оперативно пристосовуватись до змін у характеристиках шин та стані дорожнього покриття;

– під час гальмування на ділянках із різними умовами зчеплення (наприклад, коли праві колеса знаходяться на льоду, а ліві на сухому асфальті, так званий режим « μ -split»), виникають обертальні моменти навколо вертикальної осі автомобіля, які прагнуть змінити його напрям руху, повертаючи його до перпендикулярного положення.

До складу антиблокувальної гальмівної системи (рис. 1.4) входять датчики частоти обертання коліс, що працюють на основі ефекту Холла. Вони бувають активними та пасивними й розташовані на ступицях кожного колеса. Завдяки їм визначається швидкість обертання коліс, після чого сигнал передається до електронного блока управління ABS.

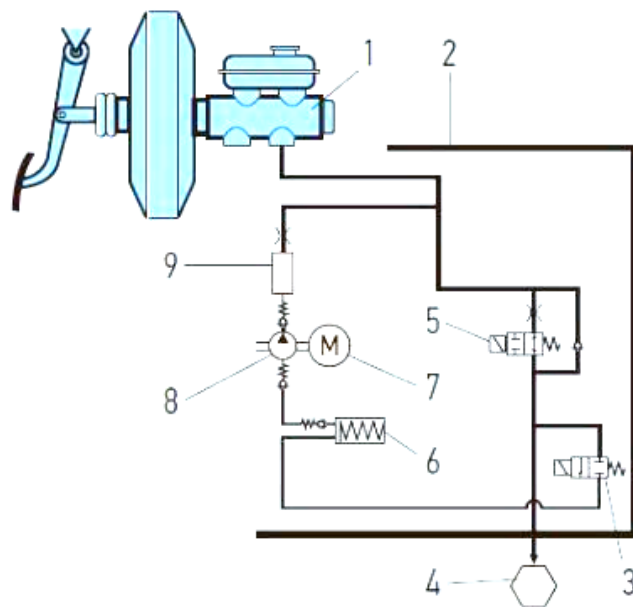


Рис. 1.4. Схема антиблокувальної системи: 1 – головний гальмівний циліндр; 2 – модуль ABS; 3 – випускний електромагнітний клапан; 4 – гальмівний супорт; 5 – впускний електромагнітний клапан; 6 – акумулятор тиску; 7 – електродвигун насоса; 8 – насос; 9 – амортизаційна камера.

Електронний блок управління (ЕБУ), або так званий «комп'ютер ABS», виконує головну функцію забезпечує оптимальну й стабільну роботу

гальмівної системи. Його завданням є підтримання такого режиму, за якого гальмівна сила досягає максимального значення без блокування коліс. Для цього ЕБУ постійно аналізує зміни швидкості обертання (уповільнення) коліс і на основі отриманих даних формує команди для виконавчих механізмів насоса та електромагнітних клапанів у гідравлічному блоці.

Гідравлічний блок виконує роль виконавчого пристрою. До його складу входять впускні й випускні електромагнітні клапани, гідроакумулятори, кулачковий насос з електроприводом та демпфуючі камери.

Гідромодулятор є окремим елементом ABS, призначеним для регулювання гальмівних зусиль відповідно до команд, що надходять від електронного блока управління.

За рішенням конструктора можуть застосовуватися як пасивні (рис. 1.5), так і активні (рис. 1.6) датчики.

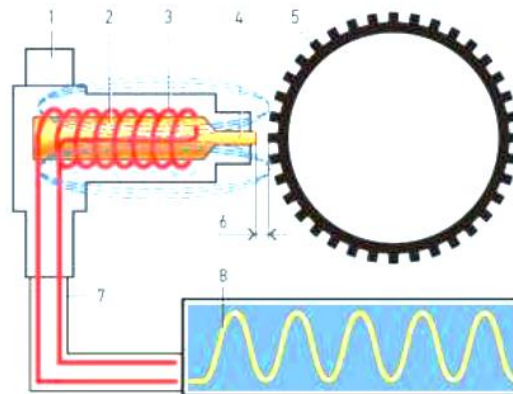


Рис. 1.5. Схема пасивного датчика швидкості ABS: 1 – датчик швидкості колеса; 2 – пасивний магніт; 3 – катушка; 4 – металевий сердечник; 5 – імпульсний ротор; 6 – повітряний зазор; 7 – підключення до модуля ABS; 8 – сигнал датчика.

Пасивні легко розпізнати за наявністю зубчастого колеса на приводі. Їхня будова проста та зрозуміла, проте мають один недолік за низьких частот обертання колеса сигнал може бути неточним.

Активний датчик зчитує сигнали від магнітного кільця, розташованого на ступиці колеса. Його відмінністю є формування чіткого цифрового вихідного сигналу, величина якого не залежить від швидкості обертання. Недоліком такого типу датчиків є їхня вища вартість порівняно з пасивними.

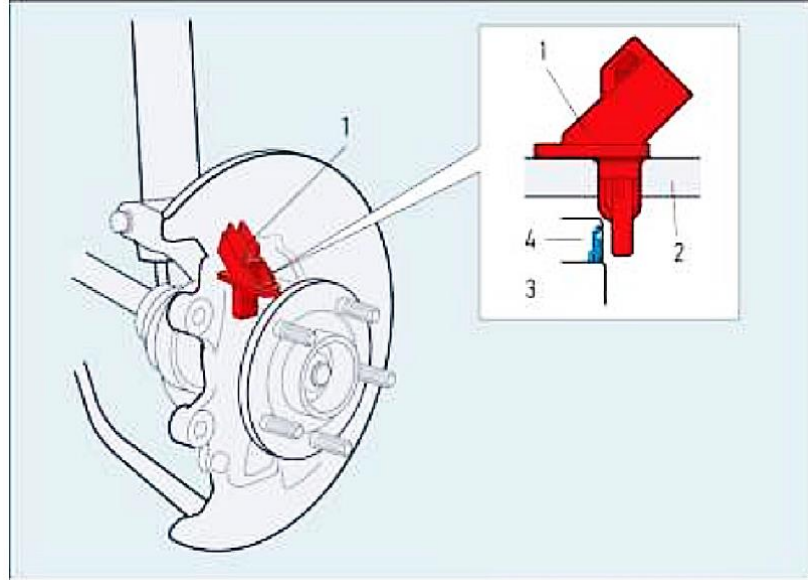


Рис. 1.6. Схема активного датчика швидкості ABS: 1 – датчик швидкості колеса; 2 – поворотний кулак; 3 – підшипник колеса; 4 – імпульсний ротор.

Під час початкового гальмування тиск у магістралі підвищується, що призводить до збільшення величини ковзання колеса в зоні його контакту з дорожнім покриттям. У результаті досягається межа між стійким та нестійким режимами кочення коліс.

З цього моменту подальше зростання тиску в магістралі чи гальмівного моменту вже не спричиняє збільшення гальмівної сили. У стійкому режимі ковзання воно має переважно деформаційний характер, тоді як у нестійкому діапазоні спостерігається його тенденція до зростання. Загалом, ABS являє собою систему зі зворотним зв'язком, що керує процесом гальмування, запобігає блокуванню коліс і забезпечує збереження керованості та стійкості автомобіля на дорозі.

Система ABS, реагуючи на гальмування, визначає, чи є загроза блокування одного або кількох коліс, і автоматично підтримує або знижує

тиск у гальмівній системі. Завдяки цьому автомобіль зберігає стійкість і контрольованість, забезпечуючи ефективне та безпечне гальмування.

Гальмівна система з ABS включає ті ж елементи, що й звичайна, їх перелік і розташування в автомобілі наведено на рисунку 1.7.

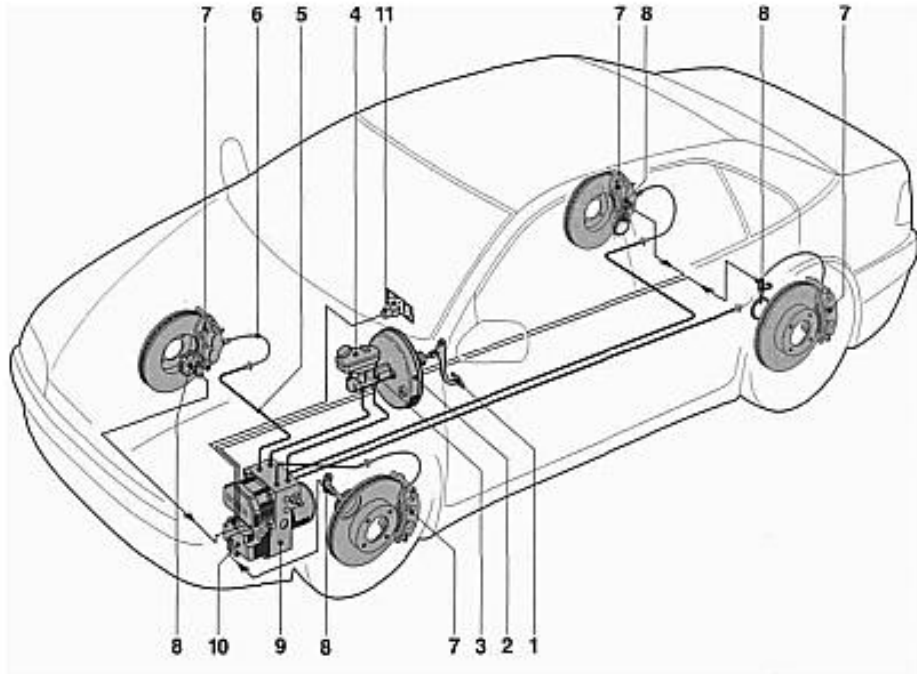


Рис.1.7. Гальмівна система автомобіля, обладнаного ABS: 1 – педаль гальма; 2 – допоміжний вакуумний пристрій; 3 – головний циліндр; 4 – розширювальний бачок для рідини; 5 – жорсткі гальмівні шланги; 6 – гнучкі гальмівні трубки; 7 – колісні гальма; 8 – додаткові елементи; 9 – давачі швидкості колеса; 10 – гідравлічний вузол; 11 – блок управління; 12 – сигнальна лампа, яка інформує водія про правильну роботу ABS.

Система автоматично коригує гальмівний тиск, забезпечуючи ефективність роботи на різних дорожніх покриттях та у складних погодних умовах, зокрема під час дощу чи слизької дороги. Навіть недосвідчений водій за наявності ABS може краще контролювати авто за допомогою незначних рухів керма, тоді як машина без такої системи у подібних ситуаціях може втратити керованість. Водночас ABS лише сприяє відновленню контролю під час бокового ковзання, але не гарантує його повністю.

Відповідні рухи кермом допомагають вивести автомобіль із заносу, що дає змогу безпечно зупинитися або об'їжджати перешкоди, особливо в умовах зимової експлуатації. У критичних ситуаціях під час гальмування існує ризик блокування коліс, через що водій втрачає можливість контролювати транспортний засіб.

Подібне часто спричиняється панічною реакцією водія на раптову перешкоду чи через слизьке або мокре дорожнє покриття, що підвищує небезпеку втрати керованості. Розглянемо функціональне призначення окремих елементів гальмівної системи автомобіля, оснащеної ABS. Датчики швидкості коліс виконані за індукційним принципом дії. Особливості їхнього монтажу та структурна схема подані на рисунку 1.8.

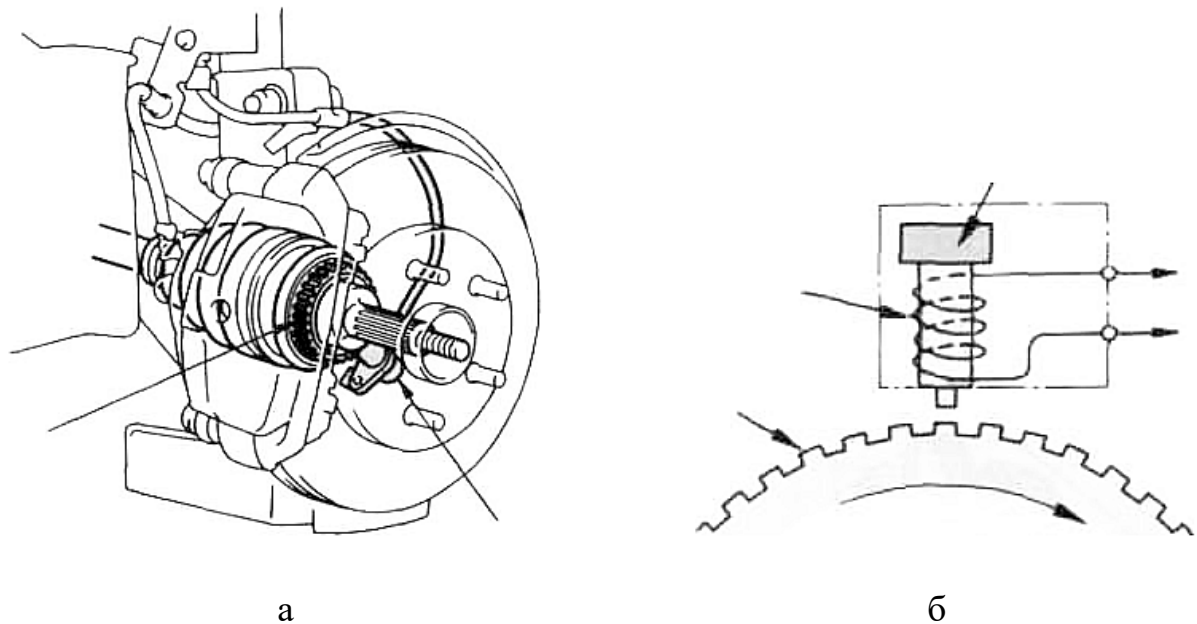


Рис. 1.8. Спосіб встановлення (а) та блок схема (б) індукційного давача швидкості колеса.

Завдання індукційного датчика полягає у фіксації швидкості та передачі її у формі електричного сигналу до блоку керування. Залежно від конструкції ABS у легкових автомобілях може застосовуватися два, три або чотири такі датчики. Обчислення швидкості коліс здійснюється на основі аналізу сигналів від них.

Гідравлічний модуль (модулятор) містить електромагнітні клапани, які забезпечують відкривання або закривання каналів між головним гальмівним циліндром 1 (рис. 1.9) та колісними гальмами 4, а також між гальмівними супортами і зливним насосом 6.

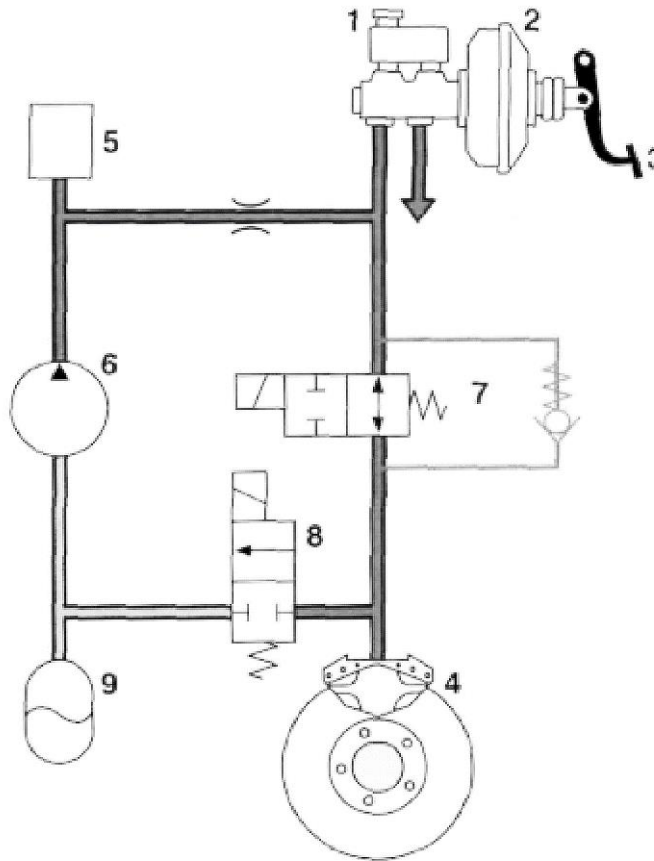


Рис.1.9. Принцип дії антиблокувальної системи гальм: 1 – головний циліндр з розширювальним бачком; 2 – вакуумний підсидювач; 3 – педаль гальма; 4 – колісні гальмівні циліндри; 5 – камери придушення; 6 – зливний насос; 7 – впускний клапан; 8 – випускний клапан; 9 – гідроаккумулятор з рідиною.

У сучасних системах ABS застосовуються електромагнітні клапани з двома підключеннями та двома можливими положеннями котушки (так звані 2/2 клапани).

Впускний клапан 7, розташований між головним циліндром і колісним гальмом, забезпечує збільшення тиску в циліндрі, тоді як випускний клапан 8, встановлений між гальмом і нагнітальним насосом, дає змогу знизити тиск.

Кожне гальмо обладнане парою клапанів. У звичайному режимі роботи клапани гідравлічного модуля знаходяться у положенні «підвищення тиску».

При відкритті впускного клапана гідравлічний модуль з'єднує головний циліндр із колісним гальмом, завдяки чому тиск гальмівної рідини, створений у циліндрі, безпосередньо передається на гальмівні механізми коліс. Однак під час гальмування на слизькому покритті або за умови інтенсивного натискання на гальма виникає небезпека блокування колеса.

У такій ситуації електромагнітні клапани переходять у режим «підтримання тиску», роз'єднуючи головний циліндр із колісним гальмом (впускний клапан перекривається). У результаті подальше зростання тиску в головному циліндрі вже не впливає на тиск у гальмівних механізмах.

У разі подальшого збільшення ковзання необхідно знизити тиск у циліндрі. Для цього електромагнітні клапани перемикаються в режим «зменшення тиску». Впускний клапан залишається закритим, а нагнітальний насос у складі гідравлічного модуля відводить рідину через відкритий випускний клапан. У результаті тиск у гальмівному циліндрі зменшується, і колесо перестає гальмувати.

Електронний блок управління ABS визначає швидкість обертання коліс та її зміни, а отримані дані використовуються для розрахунку швидкості руху автомобіля. Крім того, він аналізує умови зчеплення шин із дорожнім покриттям і передає відповідні сигнали до блоків керування гідравлічним гальмом, що дозволяє забезпечувати оптимальний тиск гальмівної рідини для кожного колеса.

Блоки гідравлічного керування, отримуючи інформацію від електронного модуля, регулюють тиск у системі – зменшують, підвищують або підтримують його на стабільному рівні. Завдяки цьому ковзання коліс утримується в межах оптимального діапазону (10-30%), що унеможливорює їх блокування.

1.3 Процеси відновлення та технічного обслуговування гальмівної системи легкового автомобіля

Гальмівна система є однією з найважливіших у автомобілі, адже від її надійності безпосередньо залежить безпека водія, пасажирів і інших учасників дорожнього руху. Тому діагностика та своєчасне усунення несправностей гальмівної системи є вкрай важливими для забезпечення її ефективної роботи. У цьому матеріалі розглянемо основні ознаки несправностей, як їх виявити і що потрібно зробити для їх усунення.

Ремонт та технічне обслуговування гальмівної системи легкового автомобіля починається з підготовки робочого місця та організації необхідного набору інструментів, що включає ключі різного розміру, динамометричний ключ, викрутки, плоскогубці, спеціальні присоски для зняття гальмівних колодок, шланги для прокачування гальмівної рідини, а також ємності для збору старої рідини та захисні рукавички (табл. 1.1).

Важливо перевірити, щоб автомобіль був на рівній горизонтальній поверхні, піднятий на стійках або підйомнику, а стоянкове гальмо було відпущене.

Першим етапом є зовнішній огляд гальмівної системи. Необхідно перевірити стан гальмівних дисків та барабанів на наявність тріщин, задирок, корозії або несиметричного зносу, а також стан гальмівних колодок, їх товщину і рівномірність зносу.

Гальмівні диски разом із колодками є ключовими компонентами гальмівних систем, які під час уповільнення або зупинки автомобіля перетворюють кінетичну енергію руху в теплову енергію завдяки тертю колодок об диски.

Для покращення відведення тепла та підвищення ефективності гальмування застосовують диски з вентиляційними каналами всередині (вентильовані) або з наскрізними отворами, розташованими перпендикулярно до робочої поверхні (перфоровані).

Таблиця 1.1

Перелік обладнання для ремонту гальмівної системи

№	Інструмент, оснащення	Тип, модель	Рисунок
1	Домкрат / підіймач автомобільний	Гвинтовий, гідравлічний/ двостійковий	
2	Набір викруток	Універсальний	
3	Пристосування для втискання поршнів в циліндр	-	
4	Штангенциркуль	ШЦ-1	-
5	Слюсарний інструмент	Універсальний набір	
6	Упори під автомобіль	Forsage F-T412001	
7	Стенд для прокачування гальмівної системи	Вакуумний/ пневматичний	
8	Стенд для проточування дисків	-	

Крім того, охолодженню дисків сприяють колісні диски зі спицями у формі пропелера, повітряні канали в нижній частині кузова, передньому бампері та захисних кожухах гальмівних механізмів, а також спеціальні ребра в крилах. Перфорація дисків дозволяє ефективно видаляти частинки зносу фрикційних накладок із зони тертя.

У разі виявлення значного зносу або пошкоджень деталі підлягають заміні. Під час цього огляду також контролюється герметичність гальмівних шлангів, наявність витоків рідини та цілісність кріплень супортів.

Причиною несправностей гальмівних дисків є природне зношування робочої поверхні через тертя колодки об гальмівний диск (рис. 1.10).

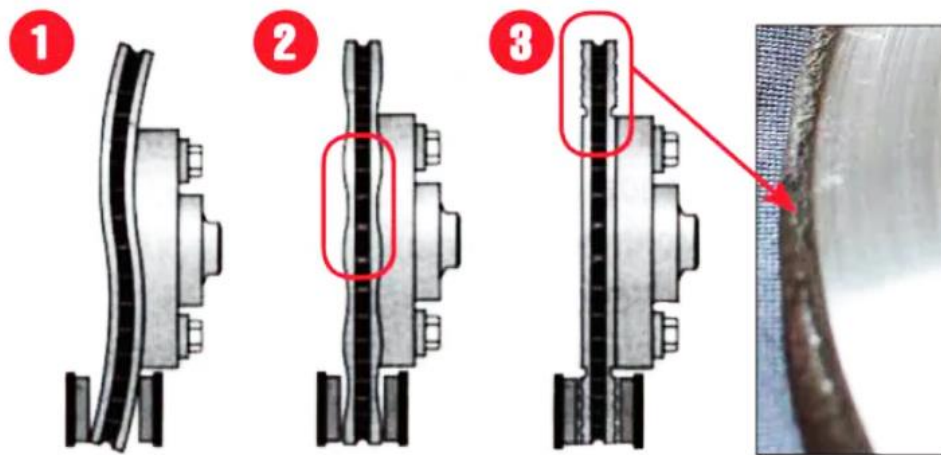


Рис. 1.10. Види несправностей гальмівного диска: 1 – деформація диска, 2 – нерівномірність товщини по колу, 3 – утворення «буртиків».

При цьому колодки зношуються швидше, ніж диск. Швидкість цього процесу частково залежить від стилю водіння – її можна як прискорити, так і сповільнити.

Прискорене зношування диска може спричинитися використанням гальмівних колодок із низькоякісними накладками, наприклад, виготовленими з іншої суміші, що містить велику кількість твердих включень. Визначити стан гальмівного диска без застосування спеціальних вимірювальних приладів досить важко. Наприклад, різниця між товщиною

нового та максимально зношеного диска зазвичай складає лише 1-3 мм, а допустиме биття диска дуже мале воно не перевищує 0,03 мм.

Товщину диска зазвичай контролюють за допомогою штангенциркуля, при цьому вимірювання проводять у робочій зоні, а не по зовнішньому буртику (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Вимірювання товщини гальмівного диска.

Наступним кроком є демонтаж гальмівних колодок та супортів. Для цього використовуються спеціальні ключі та присоски для безпечного зняття колодок без пошкодження робочих поверхонь. В процесі демонтажу особлива увага приділяється контролю стану направляючих супорта, відсутності корозії та зносу. Якщо направляючі забруднені або заіржавілі, вони підлягають очищенню або заміні, а рухомі частини змазуються спеціальною термостійкою гальмівною змазкою.

Гальма працюють завдяки гальмівним колодкам, що притискаються до гальмівного диска. Вони викликають тертя та уповільнюють або зупиняють автомобіль. З часом фрикційний матеріал на гальмівній колодці зношується, доки не залишається лише несуча пластина. Окрім появи скреготу, зменшується ефективність гальм, що може загрожувати вашому життю, життю ваших пасажирів та інших учасників дорожнього руху.

Зазвичай гальмівні колодки розраховані для подолання відстані від 30 000 до 60 000 км, залежно від дорожніх умов, якості гальмівних колодок і дисків, а також вашого стилю водіння.

Існує низка ознак, які сигналізують про необхідність заміни:

1. Скрип або скрегіт при гальмуванні. Це одна з найбільш явних ознак зносу колодок. Він виникає через те, що фрикційний матеріал стерся до металевої основи, яка починає контактувати з гальмівним диском.

2. Вібрація педалі гальма. Вібрація може виникати через нерівномірне знос колодок або пошкодження гальмівного диска.

3. Збільшення гальмівного шляху. Якщо для зупинки автомобіля потрібно більше часу та відстані, ніж зазвичай, це може бути ознакою зношування гальмівних колодок.

4. Загоряння індикатора зносу гальмівних колодок на панелі приладів (якщо він передбачений). Багато сучасних автомобілів оснащені спеціальним датчиком, який сигналізує про необхідність заміни гальмівних колодок.

5. Видимий знос колодок під час огляду (товщина фрикційного шару менше 2-3 мм). Якщо товщина фрикційного шару менше 2-3 мм, колодки слід замінити.

Процедура заміни колодок у гальмах із плаваючим супортом, як правило, виконується за такою послідовністю дій:

1. Автомобіль піднімають за допомогою домкрата та знімають колесо.

2. Супорт очищають від забруднень жорсткою щіткою, при цьому необхідно уникати пошкодження пильовиків направляючих пальців.

3. Викручують кріпильні болти супорта. У деяких моделях достатньо відкрутити лише один болт. Знятий супорт не допускається залишати підвішеним на гальмівному шлангу або закріплювати на гальмівному щиті його фіксують, наприклад, дротовим гачком на пружині підвіски.

4. Видаляють зношені колодки.

5. Посадкові місця очищають металевою щіткою, а поршень гальмівного циліндра утаплюють до кінця. За наявності відповідних рекомендацій у технічній документації напрямні пази змащують тонким шаром спеціального мастила для гальмівної системи.

6. Встановлюють нові колодки. Якщо конструкцією передбачені протишумні пластини, їх монтують одночасно. Потрібно переконатися, що колодки розташовані правильно, без перекосів, і можуть вільно переміщуватися в процесі експлуатації. У разі виникнення труднощів із встановленням забороняється підточування колодок слід усунути причину перешкоди.

7. Усі деталі встановлюються у зворотній послідовності.

Після завершення процедури обов'язково перевіряють стан і працездатність гальмівних елементів: пильників і направляючих, робочих циліндрів, гальмівних шлангів, а також гальмівних дисків.

Далі проводиться перевірка та при необхідності заміна гальмівної рідини. Гальмівна рідина повинна бути прозорою, без сторонніх включень, а її рівень – відповідати нормативам виробника. Для заміни рідини використовується комплект для прокачування гальмівної системи, що дозволяє повністю видалити стару рідину та повітря з контуру. Прокачування проводиться по черзі на кожному колесі, починаючи з найвіддаленішого від головного циліндра, при цьому контрольними точками є відсутність бульбашок повітря в шлангах та стабільність педалі гальма.

Після заміни рідини та встановлення колодок проводиться складання гальмівних механізмів у зворотному порядку, при цьому всі кріплення затягуються динамометричним ключем згідно з рекомендованими моментами. Після цього обов'язково перевіряється робота стоянкового гальма та плавність ходу педалі гальма, а також відсутність сторонніх шумів або биття під час обертання коліс.

На заключному етапі технічного обслуговування здійснюється тестовий пробіг автомобіля на низькій швидкості з послідовним перевірянням роботи гальм при різних режимах. Контрольними точками під час тесту є ефективність гальмування, відсутність скрипів і вібрацій, а також рівномірність гальмівного зусилля на всіх колесах. Після підтвердження належного функціонування система вважається готовою до експлуатації, а всі виконані роботи документуються для подальшого контролю.

Висновки до розділу I

В розділі розглянуто призначення та конструкцію гальмівної системи легкового автомобіля. Детально проаналізовано основні компоненти системи, їх функції та взаємодію під час експлуатації транспортного засобу. Зроблено аналіз гальмівної системи легкових автомобілів, що оснащені антиблокувальною системою (ABS). Проведена робота підтверджує необхідність комплексного підходу до оцінки роботи ABS, включаючи перевірку як механічних, так і електронних компонентів системи. Обґрунтовано організацію та технологічні аспекти процесів відновлення та технічного обслуговування гальмівної системи легкового автомобіля.

Проведений аналіз обладнання для ремонту гальмівних систем показав, що його правильний підбір є ключовим фактором забезпечення ефективності та безпеки технічного обслуговування автомобілів.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Вибір технологічного устаткування та визначення площі виробничих приміщень СТО

У проєктах, пов'язаних із технічним обслуговуванням, вибір способу організації технологічного процесу визначається змінною програмою відповідного виду ТО. Залежно від її обсягу може застосовуватися метод універсальних постів або метод спеціалізованих постів. Метод універсальних постів зазвичай обирають для станцій технічного обслуговування з невеликою змінною програмою ТО, де обслуговується різноманітний рухомий склад [21] (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Організація технологічного процесу в зоні поточного ремонту

Варіант виконання робіт	Зміст робіт	Послідовність виконання
1	Повний комплекс ТО	ТО виконується в повному обсязі
2	Вибірковий комплекс ТО	Регулювальні, змащувальні та інші операції ТО
3	Повний комплекс ТО + ПР	ТО разом із роботами ПР, виявленими під час діагностування
4	Вибірковий комплекс ТО + ПР	Спочатку ПР, потім вибіркові роботи ТО, визначені під час діагностування

У проєктах, що стосуються зон поточного ремонту, технологічний процес може організовуватися як за універсальними, так і за спеціалізованими постами.

На сьогодні метод універсальних постів ТО та ПР є найбільш поширеним серед більшості СТО. Це пояснюється тим, що автомобілі, які надходять на станцію, потребують виконання найрізноманітніших операцій.

Автомобілі, що надходять на станцію технічного обслуговування, потребують виконання широкого спектра робіт з технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР), які відрізняються як за обсягом, так і за

характером. Тому організація виробничого процесу на СТО має забезпечувати можливість реалізації всіх необхідних технологічних операцій, а також характеризуватися достатньою гнучкістю у поєднанні процедур ТО та ПР.

Зважаючи на ймовірнісний характер технічних впливів і відмов автомобілів, що надходять на обслуговування, можуть виникати різні варіанти поєднання робіт, а саме:

- проведення технічного обслуговування у повному обсязі;
- виконання вибіркового комплексу робіт ТО (регулювальних, змащувальних тощо);
- здійснення повного комплексу робіт ТО у поєднанні з операціями ПР, виявленими під час діагностування;
- проведення вибіркового комплексу робіт ТО у поєднанні з роботами ПР, встановленими в процесі діагностування, при цьому першочергово виконуються ремонтні операції, а після них – регламентні роботи ТО.

Таким чином, залежно від специфіки суміщення зазначених видів робіт визначаються найбільш раціональна технологічна схема та оптимальна організація виробничого процесу.

Невеликі несправності усуваються безпосередньо на постах поточного ремонту (ПР), тоді як дефектні агрегати, вузли та механізми, що були зняті з автомобілів, направляються на відповідні спеціалізовані ділянки для виконання необхідних ремонтних операцій. Після завершення цих робіт вони повертаються на ділянку ПР для повторного встановлення на автомобіль.

Вибір основного технологічного обладнання, а також технологічного та організаційного оснащення для проектного об'єкта здійснюється з урахуванням рекомендацій типових проектів робочих місць [2].

Перелік обладнання та технічного оснащення, необхідного для виконання робіт, наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Перелік та технічні характеристики технологічного обладнання

№	Назва обладнання	Кількість	Розміри місця (м)	Потрібна електроенер гія (кВт)	Примітки
1	Підйомник 2-постовий (2,5–4,5 т)	2	місце: 4,5 × 4,0	1,5	Для підйому авто при заміні колодок/роторів
2	Колодязь/яма для огляду (pit)	1	10,0 × 4,0	-	Для ремонту ходової/тормозної системи, з освітленням і вентиляцією
3	Балансувальний станок коліс	1	1,2 × 1,2	0,5	Діагностика дисбалансу коліс
4	Шліфувально-оточний верстат для дисків (шліфування/ проточування)	1	2,0 × 1,5	2,0	Токарно-обробні операції на гальмівних дисках
5	Станція прокачки та заміни гальмівної рідини (вакуум/компресорна)	1	1,0 × 1,0	0,5	Забезпечує швидку заміну і відкачку рідини
6	Прес гідравлічний (ручний/електричний) 10 т	1	1,0 × 1,0	1,0	Пресування супортів/встановлен ня підшипників
7	Гальмівний стенд/рольганг для вимірювання гальмівних характеристик	1	3,0 × 2,0	3,0	Обов'язкове обладнання для перевірки ефективності гальм
8	Сканер-діагност (OBD)	1	0,6 × 0,6	0,05	Для комп'ютерної діагностики ABS, ESP
9	Компресор повітряний + ресивер (200–500 л)	1	1,5 × 1,5	4,0	Для пневмоінструменту, продувки, пневматичного пресу
10	Мийка деталей (ультразвук/ванна)	1	1,2 × 0,8	1,0	Для очищення супортів, колодок
11	Набір пнеumo/електроінструменту (гайковерт, дріль)	1 комплект	зона зберігання 2,0 × 1,0	1,0	Мобільний інструмент на робочих місцях
12	Стелажі для зберігання колодок, роторів, деталей	4	2,0 × 0,6 (кожен)	-	Розміщення запчастин і витратних матеріалів

Проведемо розрахунок виробничої площі приміщення. Виробнича площа приміщення зони ТО визначається за наступною формулою [14]:

$$S_{\Pi} = (S_a \cdot n + S_o) \cdot K_n$$

де S_a – площа горизонтальної проекції автомобіля (для легкових автомобілів – $8,0 \text{ м}^2$);

n – кількість постів (6 постів)

S_o – загальна площа обладнання

K_n – коефіцієнт щільності розташування (для зони ТО и ПР – $K_n = 4,0$).

$$S_{\Pi} = 97,9 \cdot 4,0 = 391,6 \text{ м}^2$$

Компонування технологічного обладнання (рис. 2.1), вибір відповідної технологічної оснастки та організація робочих місць на СТО повинні здійснюватися з урахуванням рекомендацій, викладених у «Типових проектах організації праці на виробничих ділянках автотранспортних підприємств».

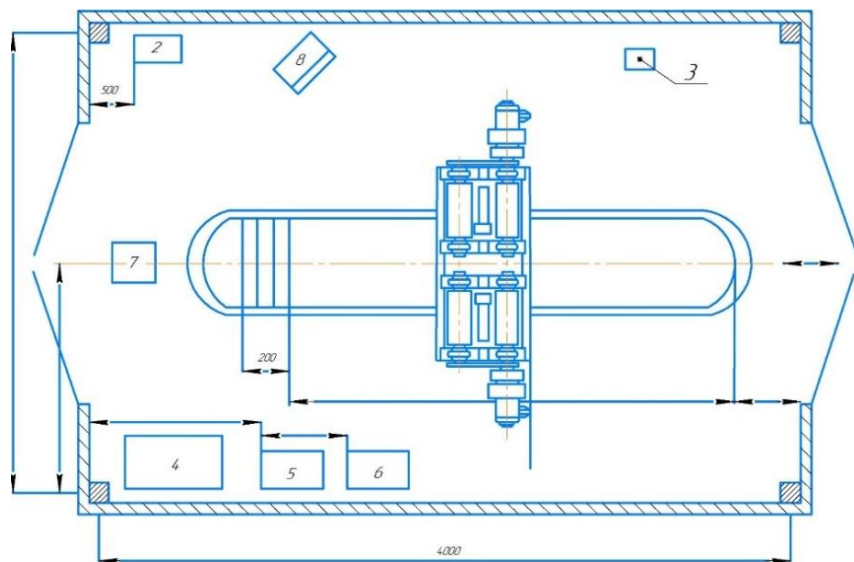


Рис. 2.1. Організація робочої ділянки для технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи.

Розташування обладнання має відповідати вимогам технологічного процесу та забезпечувати виконання робіт з мінімізацією витрат часу та

енергії виконавців. Робочі місця в приміщенні організовані по периметру з передбаченим розташуванням стелажів для зберігання деталей, вузлів та об'єктів, що потребують ремонту.

Для забезпечення належного рівня освітленості відповідальних зон робочі місця додатково оснащені люмінесцентним освітленням. Верстаки та основне технологічне обладнання розташовані вздовж зовнішніх стін приміщення з метою максимально ефективного використання природного освітлення.

Планування робочих зон здійснено відповідно до вимог нормативних документів та правил з охорони праці. В умовах реального СТО площа, відведена для організації зони регулювань, становить 432 м², що забезпечує комфортні умови для виконання ремонтних та регламентних робіт.

Робочі місця на сучасних станціях технічного обслуговування (СТО) організовані по периметру приміщення з урахуванням раціонального розташування стелажів для зберігання деталей та вузлів, як готових до використання, так і тих, що потребують ремонту. Таке планування дозволяє оптимізувати логістику робочого процесу та зменшити час переміщення персоналу між робочими зонами, що безпосередньо впливає на продуктивність та зменшення фізичного навантаження.

Для забезпечення високого рівня освітлення критично важливих зон застосовується додаткове люмінесцентне освітлення. Основне обладнання, включаючи верстаки та спеціальні механізми, розташовано біля зовнішніх стін приміщення для максимального використання природного світла. Це не лише знижує енергоспоживання, але й сприяє підтриманню оптимальних умов для зору працівників, що важливо для точності виконання ремонтних операцій.

Розміщення робочих місць і обладнання здійснено з урахуванням вимог нормативних документів та стандартів з охорони праці. Проміжки між робочими зонами дозволяють вільний доступ до устаткування та забезпечують безпечний рух персоналу, що є критично важливим для

запобігання виробничому травматизму. Площа приміщення СТО, яка становить 432 м², достатня для комфортного розміщення обладнання та персоналу, забезпечуючи ергономічні умови виконання робіт та оптимальні маршрути переміщення працівників.

З ергономічної точки зору, висота верстаків та розміщення інструментів узгоджені з анатомо-фізіологічними особливостями середньостатистичного працівника, що сприяє зменшенню статичного та динамічного навантаження на опорно-руховий апарат.

Усі робочі зони спроектовані таким чином, щоб мінімізувати необхідність нахилів, підйомів та тривалого утримання важких предметів на рівні плечей або вище, що підвищує безпеку та зменшує ризик травматизму.

Таким чином, планування робочих місць у СТО відповідає сучасним вимогам ергономіки та охорони праці, забезпечуючи ефективну організацію робочого процесу, безпечні умови праці та підвищення продуктивності обслуговуючого персоналу.

2.2. Дорожна та стендова діагностика гальмівної системи легкових автомобілів

Діагностика гальмівної системи легкового автомобіля є комплексним процесом, спрямованим на визначення технічного стану її елементів, а також на своєчасне виявлення несправностей, які можуть вплинути на безпеку руху.

Вона проводиться шляхом поєднання візуального огляду, механічних перевірок та інструментальних вимірювань. На початковому етапі увагу зосереджують на загальному огляді компонентів: перевіряють герметичність гідравлічного приводу, наявність підтікань гальмівної рідини, стан трубопроводів і шлангів, а також рівень рідини в бачку головного гальмового циліндра. Особливе значення має якість самої рідини, оскільки її зволоження чи забруднення знижує ефективність роботи системи.

Відповідно до вимог ДСТУ 3649–2010, передбачено проведення двох основних видів випробувань робочої гальмівної системи (РГС) легкового автомобіля: дорожніх випробувань та випробувань на спеціалізованих стендах (рис. 2.2).

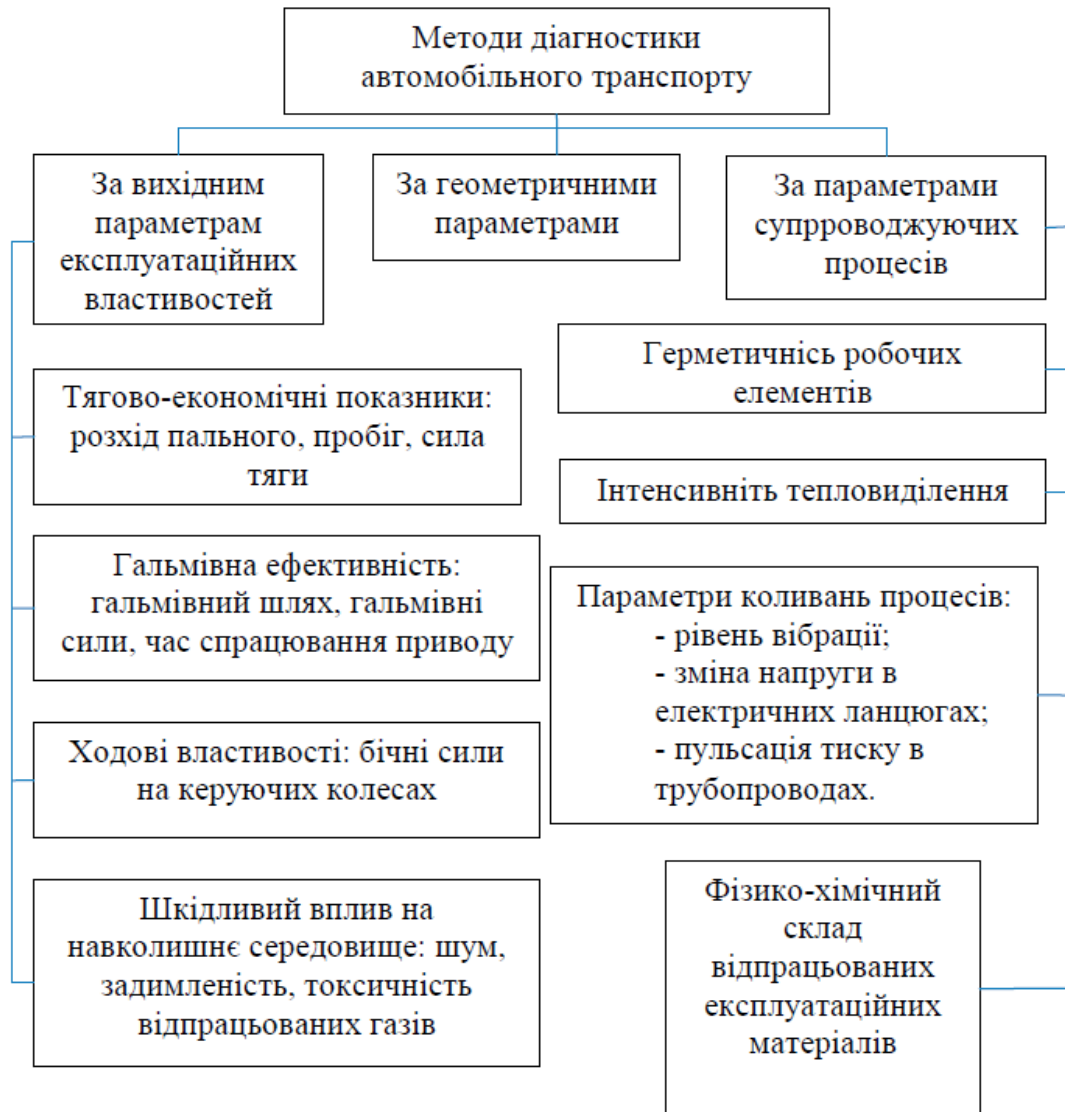


Рис. 2.2. Методи та засоби діагностування гальмівних систем АТЗ.

Дорожні випробування гальмівної системи легкового автомобіля є одним із ключових етапів оцінювання її технічного стану, ефективності та відповідності нормативним вимогам. Такі дослідження проводяться у реальних умовах експлуатації, що дозволяє комплексно оцінити роботу гальмівних механізмів, рівень безпеки під час руху та здатність автомобіля підтримувати стійкість і керованість у процесі гальмування.

Основною метою дорожніх випробувань є визначення фактичних експлуатаційних характеристик гальмівної системи та їх порівняння з регламентованими стандартами.

Завдання випробувань:

- вимірювання гальмівного шляху;
- оцінка ефективності уповільнення;
- перевірка стійкості та керованості автомобіля під час гальмування;
- визначення рівномірності дії гальм на різних осях;
- аналіз нагрівання гальмівних механізмів.

Дорожні випробування проводяться на спеціалізованих випробувальних ділянках або на відкритих дорогах із контрольованими умовами. Рекомендується проводити випробування при температурі повітря від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$, оскільки екстремальні температури можуть вплинути на ефективність гальмування.

Порядок проведення гальмівних дорожніх випробувань (рис. 2.3):

1. Автомобіль розганяється до заданої швидкості (зазвичай 60 км/год).
2. Водій різко натискає на педаль гальма, максимізуючи зусилля гальмування.
3. Вимірюється відстань, необхідна для повної зупинки автомобіля.
4. Повторюється процедура кілька разів для отримання середнього значення.

Ефективність гальмівної системи визначається кількома ключовими показниками, серед яких виділяють відстань, необхідну для повної зупинки автомобіля, час, який потрібен водієві для реагування на небезпечну ситуацію, та величину максимального сповільнення транспортного засобу під час гальмування.

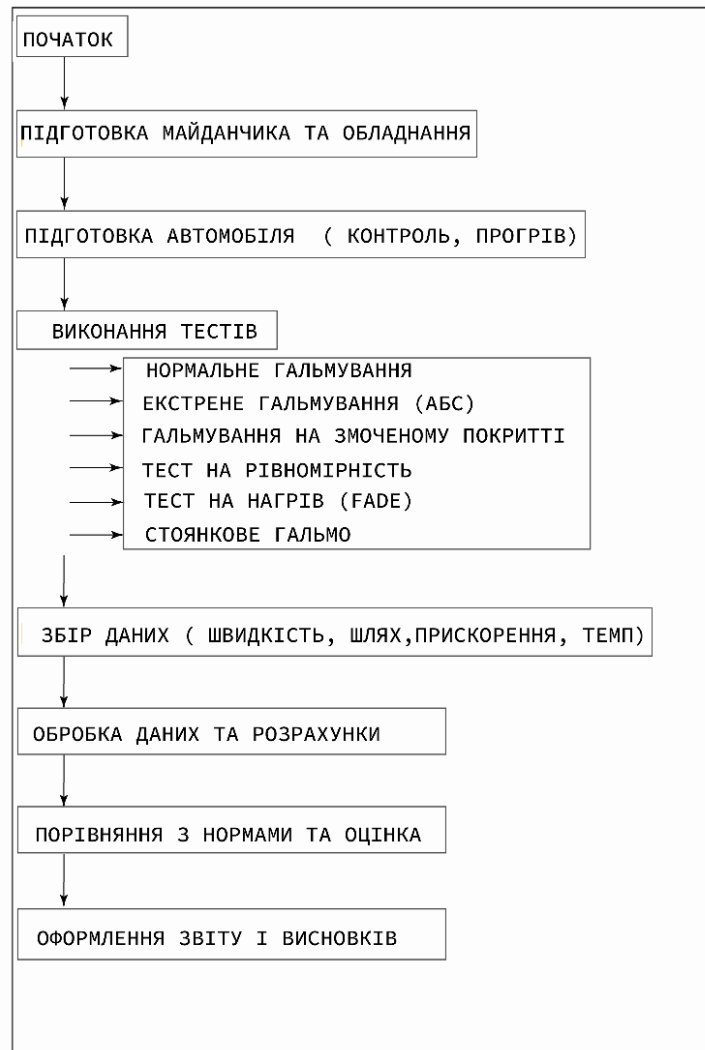


Рис. 2.3. Дорожні випробування гальмівних систем.

Гальмівні роликові стенди використовуються як один із найбільш поширених і ефективних засобів для діагностики та оцінювання технічного стану гальмівної системи автомобілів. Їхнє застосування передбачає дотримання низки критеріїв та настанов, що забезпечують як достовірність результатів вимірювання, так і безпеку експлуатації випробуваного транспортного засобу.

Насамперед, використання роликових стендів повинно ґрунтуватися на відповідності конструкції обладнання технічним стандартам і нормативам, які регламентують методику вимірювання гальмівних сил та коефіцієнтів ефективності гальмування. Це дозволяє гарантувати отримання коректних даних, що відображають реальні характеристики роботи гальмівної системи.

Важливим критерієм є забезпечення стабільних умов проведення випробувань. Поверхня роликів повинна мати оптимальний коефіцієнт зчеплення, що відтворює фактичні дорожні умови, але водночас унеможлиблює прослизання коліс без реєстрації гальмівних зусиль. Окрім цього, стенд має бути обладнаний чутливими вимірювальними датчиками, здатними фіксувати навіть незначні відхилення у роботі окремих контурів гальмівної системи.

Застосування стенда передбачає дотримання суворих настанов щодо порядку проведення випробувань. Автомобіль необхідно встановлювати на платформу таким чином, щоб його колеса були точно зафіксовані у робочій зоні роликів. Перед початком тестування слід перевірити відсутність сторонніх предметів, які можуть вплинути на точність вимірювань або становити загрозу для безпеки. Під час діагностування важливо дотримуватися уніфікованого режиму гальмування, що дозволяє порівнювати результати з нормативними показниками та робити об'єктивні висновки щодо ефективності та рівномірності роботи гальмівних механізмів.

До основних настанов належить і забезпечення регулярної калібровки вимірювального обладнання, що є запорукою високої точності результатів. Недотримання цього аспекту може призвести до викривлення даних і, як наслідок, до помилкових висновків про технічний стан транспортного засобу.

Таким чином, критерії та настанови щодо використання гальмівних роликів стендів охоплюють як технічні вимоги до конструкції обладнання, так і організаційні аспекти проведення діагностичних випробувань. Їх дотримання дозволяє забезпечити комплексну та достовірну оцінку ефективності гальмівної системи, що має вирішальне значення для безпеки дорожнього руху та надійності експлуатації автомобіля.

На СТО переважно застосовуються силові роликові стенди, які забезпечують постійну силу гальмування за рахунок незалежного джерела енергії. Це відрізняє їх від інерційних стендів, де для створення

навантаження використовується інерція автомобіля під час гальмування або маси приводних електродвигунів та додаткових обертових елементів.

Найчастіше на СТО використовують стенди моделей К-208М та ВОАС. Роликовий блок стенду К-208М (рис. 2.4) складається з двох роликів 1, з'єднаних ланцюговою передачею 2, приводного мотор-редуктора 6 та датчика вимірювання зусилля 4. Корпус мотор-редуктора встановлено на підшипникових опорах, а реактивний момент при гальмуванні сприймається датчиком зусилля і перетворюється відповідним індуктором.

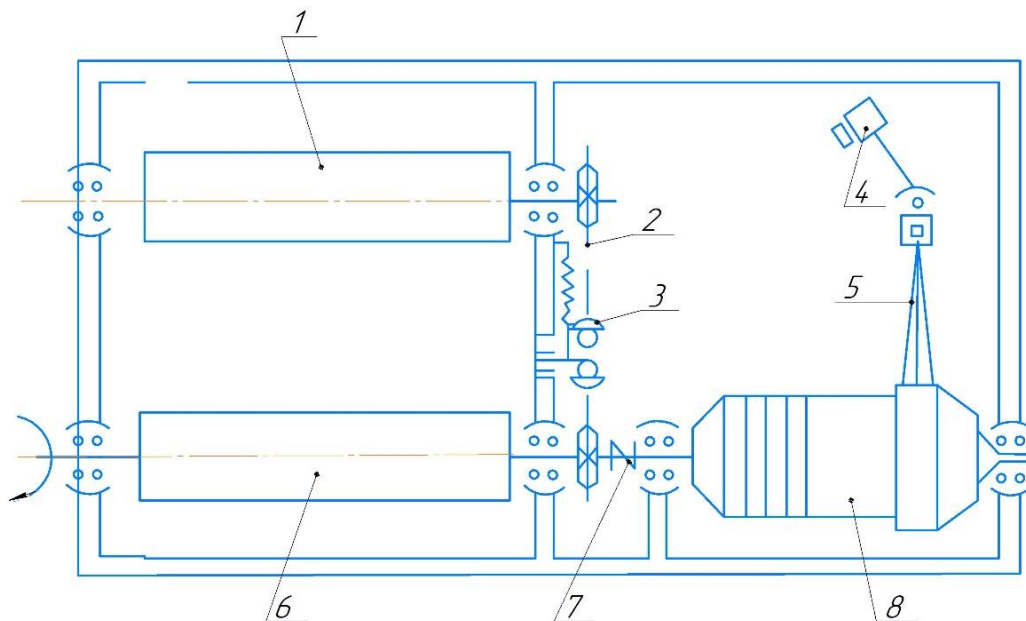


Рис. 2.4. Роликовий блок стенду К-208М: 1 – ролики; 2 – ланцюгова передача; 3 – натягач; 4 – датчик вимірювання зусилля; 5 – важіль; 6 – мотор-редуктор; 7 – муфта; 8 – електродвигун.

Аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду демонструє, що використання стендів для контролю гальмової системи доцільне у таких випадках: при прийманні та видачі автомобілів, проведенні перевірки гальм за запитом власників, а також під час регламентного технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

Планування робочого поста та визначення габаритів монтажного майданчика здійснюється з урахуванням розмірів автомобілів, що підлягають перевірці (рис. 2.5). Ефективність експлуатації стендів значною мірою

визначається їх оптимальною інтеграцією у технологічні процеси обслуговування та ремонту.

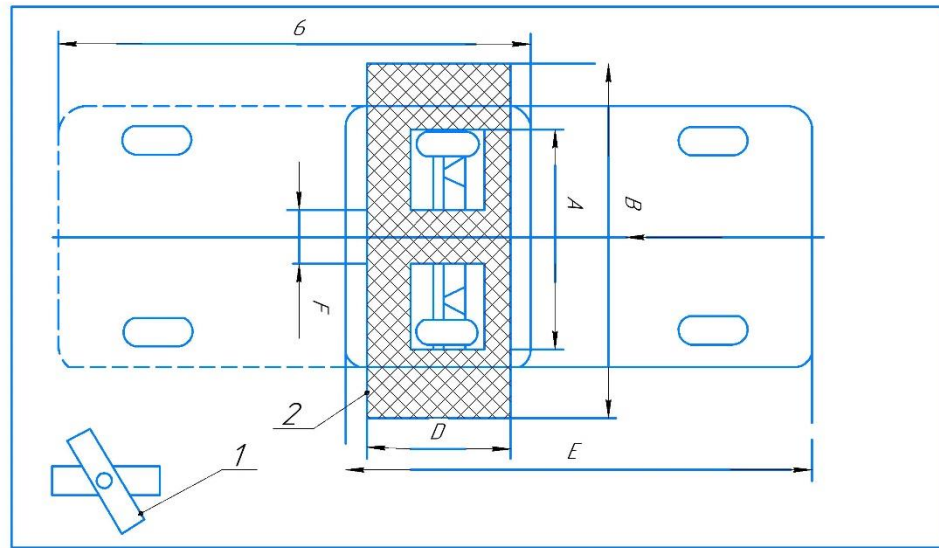


Рис. 2.5. Майданчик зі стендом для перевірки гальмівної системи: 1 – пульт індикації; 2 – роликовий механізм; Е – довжина транспортного засобу; А – максимальна ширина колії автомобіля.

Технологічна послідовність визначення параметрів гальмівних систем на стендах передбачає виконання наступних етапів:

1. На першому етапі встановлюють датчик для реєстрації зусилля натискання на гальмівну педаль.
2. Ініціюють роботу електродвигунів стенду та проводять вимірювання гальмівних сил без впливу водія на педаль, що визначаються лише опором коченню коліс. Отримані величини пропорційні вертикальному навантаженню на колесо і, у випадку легкових автомобілів, коливаються у межах 49–196 Н. Значення опору коченню, що перевищує 294–392 Н, свідчить про часткове або повне загальмування колеса. У таких випадках необхідно встановити причину явища, яка може полягати у неправильному регулюванні зазору між гальмівними колодками та барабаном, заклинюванні поршнів робочих циліндрів, надмірному затягуванні підшипників маточини колеса тощо.

3. Плавне нарощування зусилля на гальмівну педаль до величини I дозволяє зафіксувати показники гальмівних сил. Допустима різниця між гальмівними силами коліс однієї осі не повинна перевищувати 20%.

4. Наступним етапом здійснюють поступове збільшення зусилля на педаль для досягнення на кожному колесі гальмівної сили в межах 490–784 Н із подальшим її підтриманням протягом 30–40 с. У разі наявності значної асиметрії показань або відсутності руху стрілок приладів, можна констатувати проникнення вологи в гальмівні механізми коліс — явище, характерне для автомобілів після миття. Якщо дисбаланс залишається після прогріву гальм, його причиною може бути кристалізація чи забруднення маслом поверхні фрикційних накладок, що призводить до зниження коефіцієнта тертя. Симптомом цього стану є невелике збільшення гальмівної сили попри значне зусилля на педалі, що свідчить про заклинювання поршнів у робочих циліндрах. Для уточнення діагнозу слід здійснити візуальний огляд гальмівного механізму.

5. У разі ритмічних коливань гальмівних сил одного або двох коліс (амплітуда 196–392 Н) при постійному натисненні педалі (147–196 Н) ймовірними причинами є еліпсність або несумісність барабанів і коліс, деформація дисків, неправильний профіль шин тощо. Умовно величину еліпсності оцінюють як приблизно 0,1 мм на кожні 98 Н коливань гальмівної сили.

6. Під час відпускання педалі стрілки вимірювальних приладів повертаються до значень, зумовлених опором коченню. Швидкість і рівномірність цього процесу дозволяють оцінити одночасність та якість розгальмовування коліс.

7. Збільшення зусилля натискання до 49 Н дозволяє визначити гальмівні сили до моменту блокування коліс, оцінюючи рівномірність роботи системи. Незначне наростання гальмівних сил при збільшенні зусилля на педалі свідчить про непридатність фрикційних накладок через надмірну твердість або забруднення. Швидке наростання сили вказує на схильність

гальм до самоблокування, що небезпечно при експлуатації на вологій дорозі. Причинами цього можуть бути м'який матеріал накладок, неправильне регулювання барабанних гальм або несправність підсилювача гальм.

8. Аналогічні вимірювання проводяться для задніх коліс. Підсумовуючи гальмівні сили на кожному колесі, визначають максимальну силу, що має становити не менше 60 % від повної маси автомобіля.

9. Перевірка ручного (стояночного) гальма здійснюється поступовим переміщенням важеля до початку блокування коліс. Операцію виконують обережно, забезпечуючи відсутність людей на відстані 2 м від автомобіля. Під час переміщення важеля підраховують клацання механізму хропіння для контролю правильності регулювання та оцінюють ефективність і рівномірність дії приводу. Технічно справне ручне гальмо має забезпечувати сумарну гальмівну силу на обох колесах не менше 25 % від повної маси автомобіля.

2.3 Оптимізація методики випробувань гальмівних систем автомобілів з ABS на роликових стендах

Гальмівна система автомобіля є однією з найважливіших складових забезпечення безпеки руху, а її ефективність безпосередньо впливає на керованість і стабільність транспортного засобу. Сучасні легкові автомобілі обладнуються системами антиблокувального гальмування (ABS), які підвищують ефективність гальмування за різних дорожніх умов та запобігають блокуванню коліс під час екстреного гальмування. Для забезпечення безпечної експлуатації таких автомобілів необхідне регулярне тестування гальмівних систем, що виконується на спеціалізованих стендах.

Особливою увагою користуються роликові стенди, які дозволяють імітувати рух автомобіля та вимірювати параметри гальмівної системи в лабораторних умовах без виїзду на дорогу.

Роликові стенди призначені для контролю основних показників роботи гальмівної системи, таких як максимальна гальмівна сила, ефективність

гальмування, баланс сил між осями, а також швидкісні характеристики коліс при активованій системі ABS. Тестування на стенді включає кілька основних етапів. Першим етапом є підготовка транспортного засобу до випробувань, що передбачає перевірку технічного стану коліс, шин, гальмівних колодок та гальмівної рідини, а також калібрування датчиків, які встановлюються на педаль гальма та кожне колесо. Наступним кроком є підключення автомобіля до електронної системи стенду, що дозволяє збирати та обробляти дані про гальмівні характеристики в реальному часі.

Серед останніх досягнень у сфері діагностування особливо виділяється впровадження модернізованого інерційного роликового стенда (рис. 2.6). Завдяки інтеграції сучасних сенсорів і датчиків цей стенд забезпечує отримання детальної та високоточної інформації про стан гальмівних систем.

Додатково, застосування комп'ютеризованого діагностичного обладнання забезпечує високоточну обробку та коректну інтерпретацію отриманих даних. Сучасні електронно-обчислювальні машини, інтегровані зі спеціалізованим програмним забезпеченням, здатні здійснювати комплексний аналіз інформації, використовуючи системний підхід до оцінки параметрів гальмівних систем. Поєднання традиційних методів діагностики з передовими технологіями дозволяє суттєво підвищити якість та надійність оцінки стану гальмівних систем автомобілів, оснащених ABS.

Сучасні діагностичні комплекси для автомобілів (рис. 2.6) включають високотехнологічне обладнання, що складається з фізичних та цифрових компонентів. Фізична частина містить інерційний роликовий стенд нового покоління, який забезпечує оцінку динамічних характеристик транспортного засобу, а також мотор-тестер або сканер KTS для детального аналізу роботи двигуна та інших вузлів автомобіля.

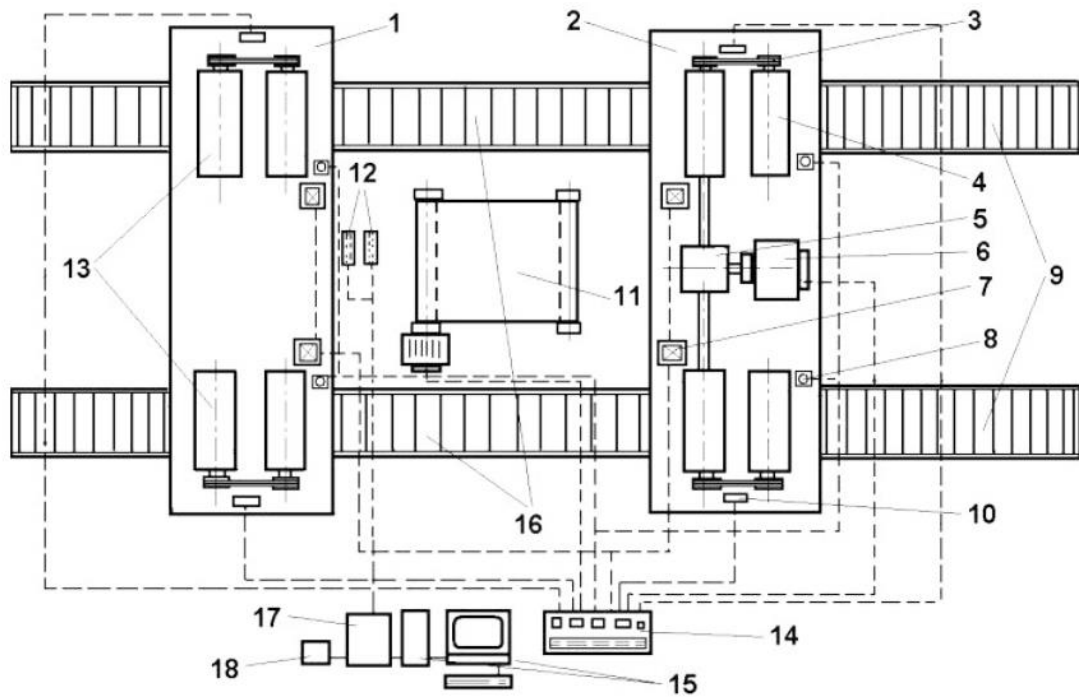


Рис. 2.6. Схема конфігурації компонентів цифрового діагностичного блоку, інтегрованого з універсальним гальмівним стендом для дослідження системи ABS у легкових автомобілях: 1 – пасивний роликовий модуль; 2 – активний роликовий модуль; 3 – шків з клиноремінною передачею; 4 – ролики активного модуля; 5 – редуктор активного модуля; 6 – електро / гідропривід активного модуля; 7 – пневматичні піднімальні пристрої; 8 – керовані пульверизатори для змочування роликів; 9 – в'їзні апарелі; 10 – система виміру швидкості і гальмівного шляху колеса; 11 – доріжка імітатора руху; 12 – роз'єм підключення діагностичного сканера до ABS і системи бортової самодіагностики; 13 – ролики пасивного модуля; 14 – пульт керування діагностичним стендом; 15 – персональний комп'ютер; 16 – розсувні апарелі; 17 – діагностичний прилад KTS; 18 – принтер.

Цифровий блок представлений високопродуктивним персональним комп'ютером із спеціалізованим програмним забезпеченням, що дозволяє обробляти великі масиви даних від фізичних датчиків, здійснювати глибокий аналіз, виявляти проблемні зони та підбирати оптимальні рішення для їх

усунення. Така інтегрована система гарантує високий рівень точності діагностики та підвищує ефективність ремонтних робіт.

На роликовому стенді відтворюються дорожні умови, максимально наближені до реальних експлуатаційних, що дозволяє проводити випробування гальмівних систем та збір різноманітних даних з бортової електроніки.

Процес контролюється та коригується фахівцем у сфері діагностики. Після первинного аналізу зібраної інформації дані передаються до центральної комп'ютерної системи, де вони архівуються для подальшого дослідження та використовуються для моделювання поточного стану автомобіля, зберігаючись як у базі основних відомостей, так і у детальному журналі технічного обслуговування.

Для імітації блокування колеса під час гальмування стенд оснащений спеціалізованими механізмами, які забезпечують легке зняття навантаження з колеса та обробку роликової поверхні агентом, що спричиняє ковзання. Водночас стенди з подібними функціями поки що не є широко доступними на ринку, а стандартні гальмівні стенди не дозволяють відтворювати такі ситуації.

Однією з проблем традиційного тестування гальмівних систем з ABS є недостатня точність моделювання умов реального дорожнього руху. Наприклад, класичні методики часто не враховують різницю у зчепленні коліс з дорожнім покриттям, а також взаємодію ABS із системами стабілізації та контролю тяги.

Для підвищення достовірності випробувань рекомендується впровадження інтегрованих методів, що включають моделювання різного коефіцієнта зчеплення на кожному колесі, варіації швидкості руху та імітацію різних сценаріїв гальмування (різке, плавне, ступінчасте). Застосування таких підходів дозволяє оцінити реальні показники гальмівної системи в широкому спектрі умов, наближених до дорожніх.

Для підвищення точності та безпеки процедур тестування на роликових стендах доцільним є використання сучасних сенсорних та електронних систем вимірювання. Наприклад, датчики сили на педалі гальма, тензOMETричні датчики на гальмівних колодках та високошвидкісні датчики кутової швидкості коліс дозволяють отримати комплексну картину роботи системи ABS. Використання автоматизованого програмного забезпечення для збору та обробки даних дозволяє не лише оцінити загальну ефективність гальмування, а й визначити дисбаланс сил між колесами, виявити затримки у спрацьовуванні ABS та порівняти результати з нормативними значеннями.

Особливо важливим є впровадження системи адаптивного тестування, яка підбирає сценарії випробувань залежно від типу автомобіля, стану шин та дорожніх умов. Такий підхід дозволяє мінімізувати вплив зовнішніх факторів на результати вимірювань і забезпечує більш об'єктивну оцінку роботи гальмівної системи.

Крім того, впровадження протоколів багатоетапного тестування, що включають повторювані цикли гальмування з різними навантаженнями, дозволяє оцінити стабільність роботи ABS протягом тривалого часу та виявити можливі дефекти на ранніх етапах експлуатації.

Важливим аспектом вдосконалення процедур є також підвищення ергономічності робочого процесу для операторів стендів. Це включає оптимізацію розташування елементів стенду, покращення інтерфейсу програмного забезпечення, а також впровадження автоматизованих процедур калібрування та збору даних, що зменшує вплив людського фактору на результати тестування.

У сукупності ці заходи дозволяють підвищити достовірність, точність та безпеку діагностичних процедур, скоротити час проведення випробувань та забезпечити більш ефективне управління технічним станом гальмівних систем.

Таким чином, вдосконалення процедур тестування гальмівних систем легкових автомобілів з ABS на роликових стендах включає комплекс заходів:

впровадження інтегрованого моделювання дорожніх умов, застосування сучасних датчиків та автоматизованого програмного забезпечення, адаптивне та багатоетапне тестування, а також підвищення ергономічності робочого процесу.

Реалізація цих заходів дозволяє отримати більш точну та об'єктивну оцінку роботи гальмівних систем, забезпечуючи підвищений рівень безпеки та надійності експлуатації сучасних легкових автомобілів.

Висновки до розділу II

У розділі проаналізовано технологічне обладнання та визначення необхідної площі виробничих приміщень станції технічного обслуговування (СТО). Правильний підбір технологічного обладнання та оптимального планування приміщень забезпечує підвищення продуктивності робіт, зниження часу на обслуговування автомобілів та дотримання нормативних вимог до безпеки праці.

Розглянуто дорожню та стендову діагностику гальмівної системи легкових автомобілів як основні методи контролю її працездатності та безпеки. Проаналізовано технологічні підходи до проведення вимірювань, оцінки гальмівних характеристик та функціонування системи в цілому.

Проведено аналіз існуючих методик випробувань гальмівних систем автомобілів з ABS на роликових стендах, що дозволило визначити основні недоліки у точності та повторюваності вимірювань.

РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

3.1 Розробка конструкції стенду для діагностики гальмівної системи легкового автомобіля

Сучасні експлуатаційні моделі гальмівних стендів відрізняються конструктивним виконанням і класифікуються за трьома ключовими ознаками: принципом роботи, максимально допустимою масою автомобіля, що підлягає випробуванню, а також способом їх розташування на діагностичній дільниці.

Стенд передбачає можливість проведення комплексних випробувань, що охоплюють вимірювання гальмівних сил, визначення рівномірності їх розподілу між осями та колесами, а також аналіз ефективності стоянкового гальма. Конструктивно він складається з роликового механізму, що імітує рух автомобіля, системи датчиків для фіксації зусиль та моментів, а також комп'ютерного блоку, який забезпечує збір, обробку та відображення отриманих результатів.

За принципом дії і способом зняття даних гальмівні стенди поділяють на два основних типи – майданчикові (платформні) і роликові (барабанні).

Майданчиковий гальмівний стенд для легкових автомобілів є спеціалізованим діагностичним обладнанням, призначеним для оцінки технічного стану гальмівної системи транспортного засобу. Він дозволяє проводити контроль ефективності гальмування на стоянці або спеціально обладнаних майданчиках без необхідності виїзду на дорогу, що забезпечує безпеку і точність вимірювань.

Конструкція майданчикового гальмівного стенду для легкових автомобілів зазвичай включає такі основні складові:

Стенд оснащений вбудованими роликами, на які встановлюються задні колеса автомобіля. Ролики створюють опір обертанню, що забезпечує необхідне навантаження під час проведення гальмових випробувань.

У складі стенду присутня гідравлічна система, яка забезпечує передачу гальмового тиску до гальмівних механізмів автомобіля. Це може бути реалізовано за допомогою гідравлічних циліндрів або насосів.

Стенд обладнаний керуючим блоком, що дозволяє оператору регулювати його роботу та здійснювати вимірювання параметрів гальмування, а також датчиками, які фіксують різні параметри гальмування, зокрема швидкість зупинки, тиск у гальмівній системі, ефективність гальм та інші показники.

Система керування стенду забезпечує обробку зібраних даних і формування результатів діагностики гальмівної системи автомобіля. Деякі модифікації стендів оснащені вбудованими візуальними індикаторами, які відображають результати випробувань, спрощуючи процес оцінки стану гальмівної системи.

Таким чином, майданчиковий гальмівний стенд для легкових автомобілів представляє собою комплексну систему, що дозволяє виконувати широкий спектр вимірювань та тестувань для забезпечення безпечного та ефективного функціонування гальмівної системи.

Основні переваги майданчикових гальмівних стендів:

- об'єктивна діагностика;
- ефективність;
- безпека;
- точність вимірювань.

Незважаючи на очевидні переваги, майданчикові гальмівні стенди мають певні обмеження:

1. Такі стенди зазвичай встановлюються на постійній основі та потребують значної площі, що зменшує їх мобільність і ускладнює використання в умовах обмеженого простору.

2. Придбання, монтаж та експлуатація майданчикового гальмівного стенду можуть становити значні фінансові витрати для невеликих

автомобільних сервісів або майстерень. До цього додаються витрати на технічне обслуговування та калібрування обладнання.

3. Робота зі стендом потребує спеціалізованих знань та навичок. Некоректна установка або неправильне використання може призвести до отримання неточних результатів діагностики, тому необхідним є належне навчання та підготовка персоналу.

4. Майданчикові стенди переважно призначені для перевірки та діагностики гальмівної системи, не завжди забезпечуючи можливість тестування інших вузлів автомобіля, що може потребувати додаткового обладнання.

5. З урахуванням швидкого розвитку автомобільних технологій та електронних систем у сучасних автомобілях, стенди можуть не забезпечувати повну діагностику нових компонентів. Тому для підтримки актуальності обладнання може знадобитися його оновлення.

Враховуючи зазначені обмеження, перед придбанням майданчикового гальмівного стенду доцільно ретельно оцінити потреби та ресурси свого сервісного центру, щоб визначити, наскільки обладнання відповідає конкретним завданням.

Гальмівні роликові стенди для легкових автомобілів є необхідним обладнанням для діагностики та технічного огляду транспортних засобів. Вони дозволяють точно визначити ефективність гальмівної системи, що є критичним для безпеки на дорозі.

Перед придбанням гальмівного роликового стенду необхідно ретельно зважити переваги та недоліки, а також оцінити його відповідність конкретним потребам та можливостям вашої автомобільної сервісної установки.

Гальмівний стенд СТМ-3500, зображений на рисунку 3.1 є універсальним пристроєм, призначеним для діагностики гальмівних систем легкових автомобілів, мікроавтобусів та невеликих вантажівок з навантаженням на вісь до 3500 кг.

Цей стенд дозволяє проводити перевірку ефективності гальмування, стійкості при гальмуванні та інших параметрів гальмівної системи транспортних засобів.

Основні технічні характеристики (для СТМ-3500 / 3500М) подано в таблиці.3.1

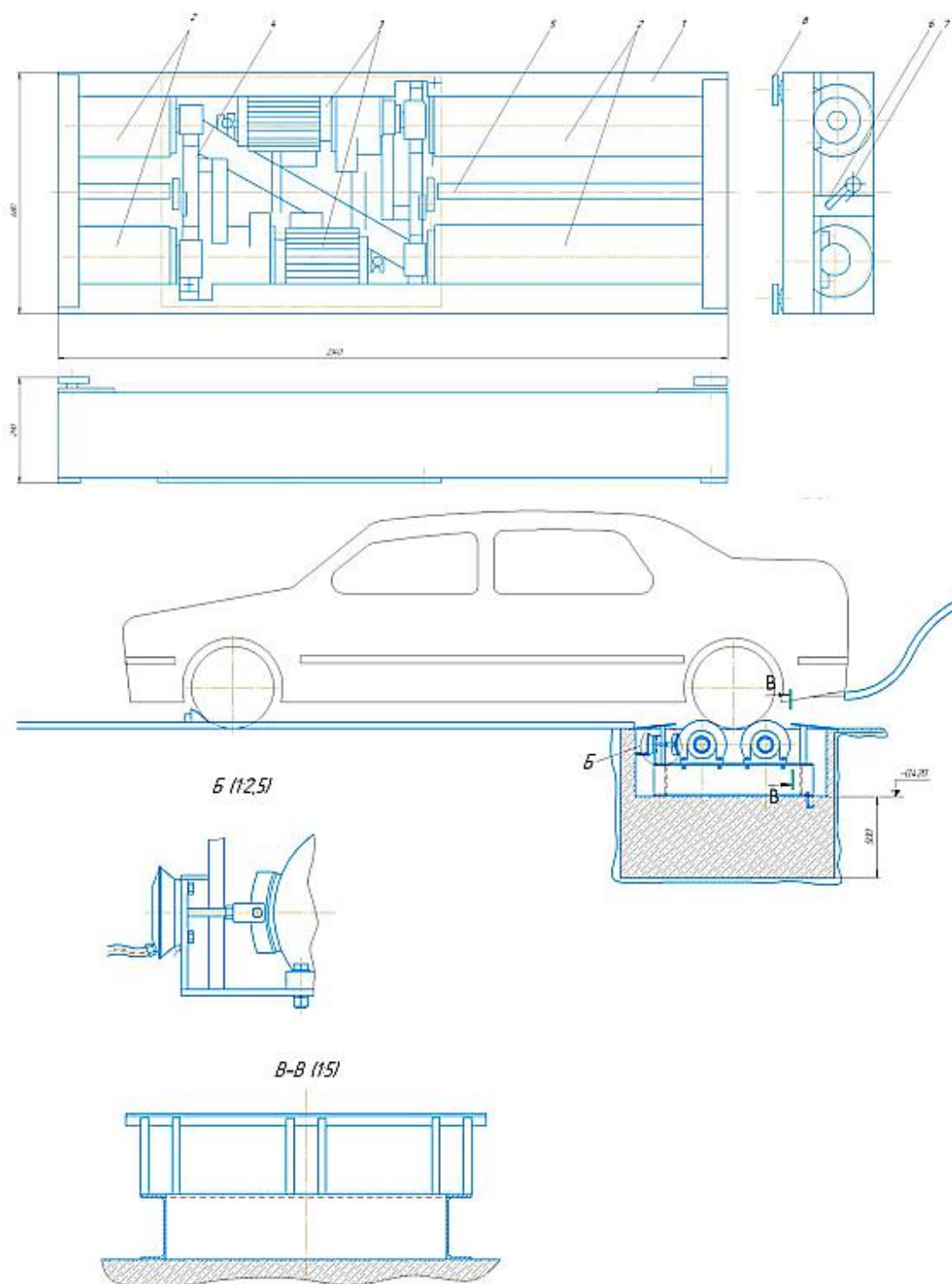


Рис. 3.1. Гальмівний Стенд СТМ-3500.

Таблиця 3.1

Технічна характеристика стенду СТМ-3500

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання гальмівної сили (на кожному колесі перевірюваної осі)	0 ... 10 кН
Похибка відносна вимірювань гальмівної сили	$\pm 3 \%$
Діапазон вимірювання зусилля на органі керування (педаць)	0 ... 1000 Н
Діапазон виміру маси (на вісь)	0 ... 3500 кг
Похибка при вимірюванні маси	$\pm 3 \%$
Споживана потужність	до 7000 Вт
Температурний режим роботи	від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$
Час безперервної роботи	не менше 8 годин
Габарити роlikової установки	приблизно $2340 \times 680 \times 290$ мм (максимум)
Напруга мережі (живлення)	трифазна мережа 380 В із допустимими відхиленнями $+10\% / -15\%$
Мінімальна початкова швидкість гальмування, яку стенд може імітувати	4 км/год (для СТМ-3500)

Поставку гальмівного стенду СТМ-3500 складають: модуль роlikової установки, датчик зусилля на гальмівній педаць, вагові датчики, шафа керування, світлофор, штатив, системний блок ПК з монітором, програмне забезпечення «Діагностичний контроль 4.0» та «Гальмівний стенд СТМ 5.00», клавіатура, миша, USB-адаптер, набір кабелів, комплект для перевірки, кріпильні елементи, паспорт, посібник з експлуатації, методика перевірки, інструкція з монтажу та свідоцтво про державну метрологічну перевірку.

3.2 Принцип роботи випробувального стенду

Розроблений стенд – це роlikовий стенд силового типу для випробування гальмівних систем автомобілів осьовою навантаженням до 3500 кг (легкові авто, мікроавтобуси). Деякі модифікації стендів мають спільну несучу станину для правого і лівого опорного пристрою (тобто роlikової установки) тобто конструкція монолітна.

Стенди СТМ-3500 можуть застосовуватися на станціях технічного обслуговування АТС, автопідприємствах, станціях державного технічного

огляду, контролерами, працівниками спецслужб, в експлуатації, при випуску на лінію, а також при щорічному технічному огляді із застосуванням засобів діагностування.

За допомогою такого станду визначають:

- гальмівну силу на кожному колесі перевірюваної осі;
- зусилля, яке прикладається до педалей (органів керування гальмами);
- масу (навантаження) на вісь;
- час спрацювання гальм, ефективність гальмування та інші параметри.

Роликова установка СТМ-3500 роликового станду (рис. 3.2) являє собою два незалежні приводні агрегати (лівий та правий).

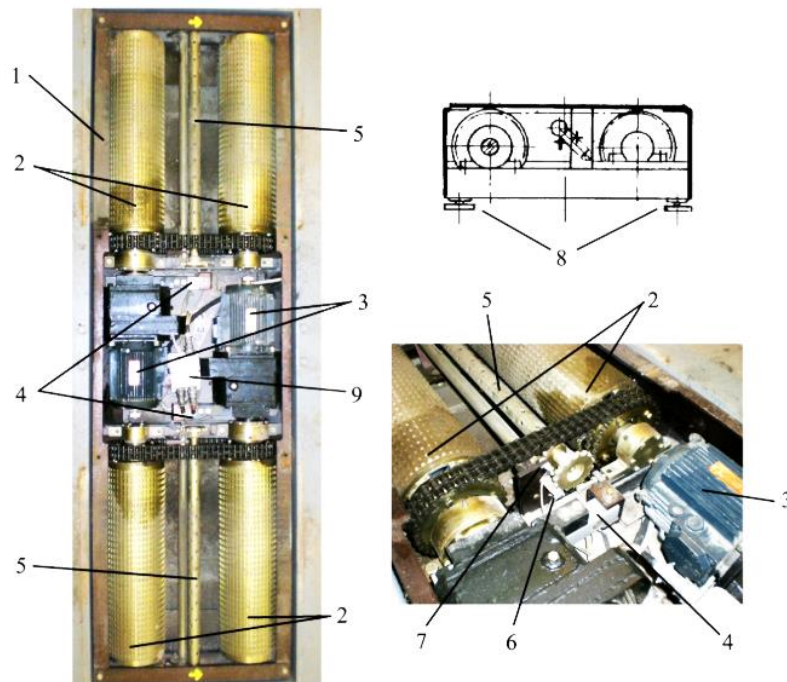


Рис. 3.2. Роликова установка: 1 – сталева рама; 2 – ролик опорний; 3 – балансирний мотор-редуктор; 4 – датчик гальмівної сили; 5 – слідкуючий ролик; 6 – датчик блокування; 7 – датчик наїзду; 8 – датчик ваги; 9 – контролер датчиків.

Привідний агрегат складається з двох опорних роликів 2, з'єднаних між собою ланцюговою передачею, балансірно підвішеного мотор - редуктора 3, датчика гальмівної сили 4, слідкуючого ролика 5, датчиків блокування 6 і наїзду 7.

Правий і лівий приводні агрегати змонтовані на єдиній прямокутній. її кутах) розміщені чотири датчики ваги 8, призначені для вимірювання ваги автомобіля припадає на вісь, що діагностується.

Діагностуюча вісь автомобіля встановлюється на опорні ролики 2 приводних агрегатів, які передають крутний момент від правого та лівого балансірно-підвішених мотор-редукторів 3 до коліс автомобіля. Для реалізації максимальних сил зчеплення поверхня роликів виконана рифленою.

Між кожною парою опорних роликів 2 розташований ролик 5, з яким пов'язаний датчик наїзду 7 і датчик блокування 6. Датчик наїзду призначений для визначення наявності автомобіля на опорних роликах, а датчик прослизання для контролю швидкості обертання коліс і визначення моменту початку прослизання коліс діагностуючої осі, щодо опорних роликів.

Завдяки невеликим габаритам, цей стенд є ідеальним вибором для пунктів техогляду автомобілів, акредитованих до 3500 кг на вісь. Він здатний працювати в діапазоні температур від -30° до $+50^{\circ}$ C, що дозволяє використовувати його в неопалюваних приміщеннях та на відкритих ділянках з навісом.

Провести комплексну діагностику гальмівної системи автомобіля з метою перевірки коректності роботи всіх датчиків та програмних модулів можна за допомогою функціональної схеми стенду. Схематичне зображення функціональної схеми стенду наведено на рисунку 3.2.

Робота зі стендом виконується відповідно до команд, що відображаються на екрані монітора, світлофорі або інформаційному табло, і повинна здійснюватися у строгій відповідності до інструкцій.

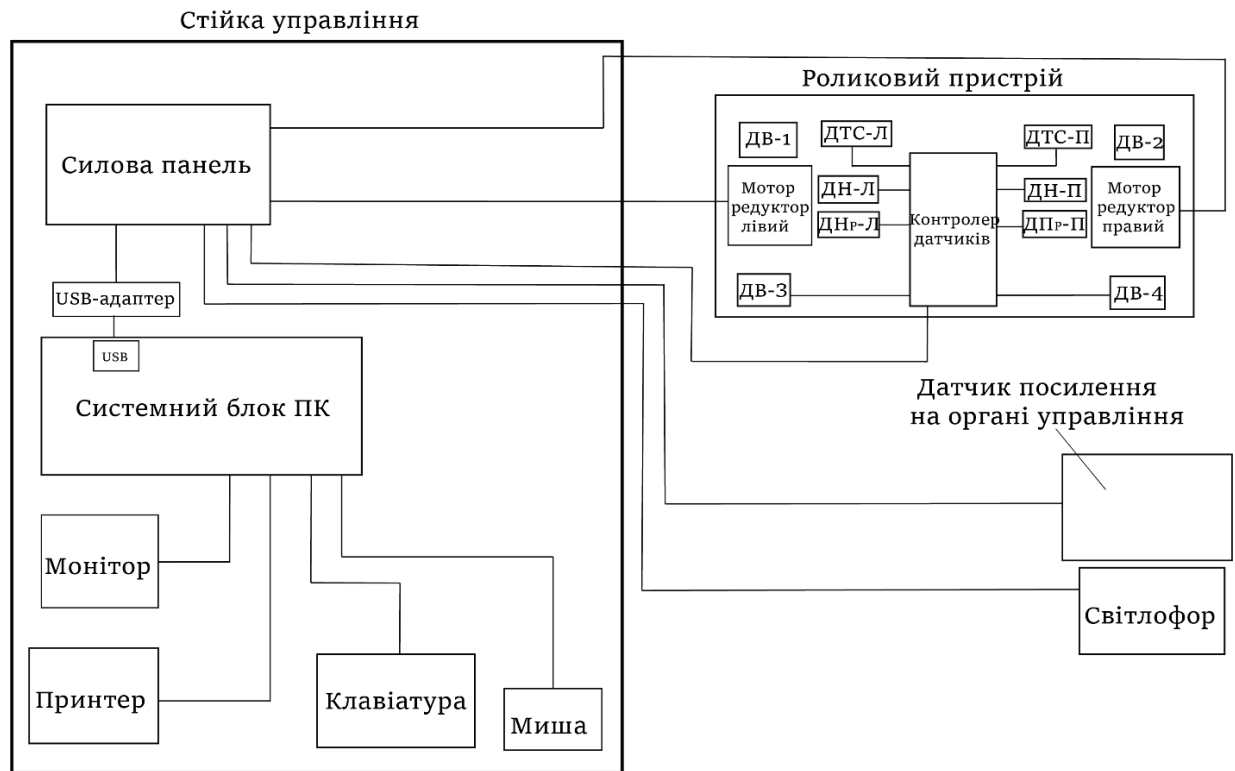


Рис. 3.2. Функціональна схема стенду: ДВ-1, ДВ-2, ДВ-3, ДВ-4 – датчики ваги; ДТС-Л, ДТС-П – лівий і правий датчики гальмівної сили; ДН-Л, ДН-П – лівий і правий датчики наявності автомобіля; ДБ-Л, ДБ-П – лівий і правий датчики блокування.

Послідовність виконання робіт на стенді включає такі етапи:

1. Увімкнути стійку управління.
2. Увімкнути комп'ютер та запустити програмне забезпечення для керування гальмівним стендом.
3. Вибрати необхідний режим роботи з головного меню.
4. Обрати автомобіль для діагностики з бази даних або додати новий транспортний засіб.
5. Встановити режим діагностики: автоматичний або ручний.
6. Закріпити датчик зусилля на педалі гальма автомобіля.

Далі виконуються спеціальні процедури:

- просушування гальмівних колодок та барабанів у режимі «просушка». за командою «В'їжджай» автомобіль встановлюється на роликову установку, після чого педаль гальма натискається і утримується

приблизно 20 секунд або до пробуксування одного з коліс («плавно гальмуй»).

- вимірювання максимальних гальмівних сил та коефіцієнта нерівномірності гальмівних сил коліс, а також зусилля на органі керування в режимі «повне навантаження». за командою «плавно гальмуй» здійснюється натискання педалі гальма.

- вимірювання опору обертання незагальмованих коліс та визначення коефіцієнта овальності у режимі «часткове навантаження». після початку обертання роликів протягом 4 секунд проводиться вимір опору без натискання педалі гальма. потім за командою «плавно гальмуй» педаль натискається до появи команди «Утримуй» і утримується до команди «Відпустити», після чого плавно відпускається. протягом 8 секунд після команди «Утримуй» здійснюється збір даних для розрахунку характеристик при неповному навантаженні.

- вимірювання максимальних гальмівних сил стояночної системи та зусилля на органі керування у режимі «Стояночний». за командою «плавно гальмуй» активується стояночна гальмівна система через важіль або педаль з використанням датчика зусилля; у разі наявності ручного крана його можна застосовувати без датчика.

Після завершення діагностики осі автомобіль за командою «Виїжджай» з'їжджає з роликової установки. Для перевірки інших осей послідовність дій повторюється аналогічно.

Завдяки сучасним електронним компонентам та інтегрованому програмному забезпеченню, стенд СТМ-3500 дозволяє проводити комплексну діагностику різних типів гальмівних систем, включаючи системи з ABS та ESP.

Автоматизовані алгоритми аналізу даних забезпечують швидке виявлення відхилень від нормативних показників, що дозволяє своєчасно здійснювати технічне обслуговування та підвищує безпеку експлуатації транспортних засобів.

Крім того, ергономічний дизайн та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс забезпечують зручність роботи для операторів, мінімізуючи ризик помилок під час тестування.

У поєднанні з високою точністю датчиків та можливістю детального збереження результатів випробувань, стенд СТМ-3500 стає незамінним інструментом у сучасних сервісних центрах, сприяючи підвищенню якості діагностики та ефективності роботи технічного персоналу.

3.3 Удосконалення методики стендових випробувань гальмівних механізмів легкових автомобілів

Стендові випробування гальмівних механізмів є ключовим етапом забезпечення безпеки та надійності експлуатації легкових автомобілів. Ефективність гальмівної системи визначається її здатністю забезпечувати стабільне уповільнення транспортного засобу, рівномірний розподіл гальмівних сил між колесами та швидке реагування на команди водія.

У зв'язку з цим удосконалення засобів стендових випробувань має стратегічне значення для сучасного автотранспорту. Беручи до уваги обмеження наявних прототипів стендів, при розробці стенда для випробування фрикційних пар тертя гальмівних механізмів було реалізовано наступні завдання:

- забезпечення накопичення енергії, необхідної для моделювання роботи гальмівного механізму без досягнення високих кутових швидкостей інерційної маси;
- розширення спектра транспортних засобів, які можуть підлягати випробуванню.

В результаті виконання зазначених завдань було створено принципово нову конструкцію універсального інерційного стенда (рис. 3.3).

Процедура роботи на стенді включає наступні етапи:

- встановлення відповідного гальмівного механізму автомобіля на опори гальмівного вузла;
- задання передавальних чисел співвісних циліндричних редукторів, розрахованих для забезпечення необхідного запасу кінетичної енергії;
- запуск енергетичної установки на визначеній частоті обертання.

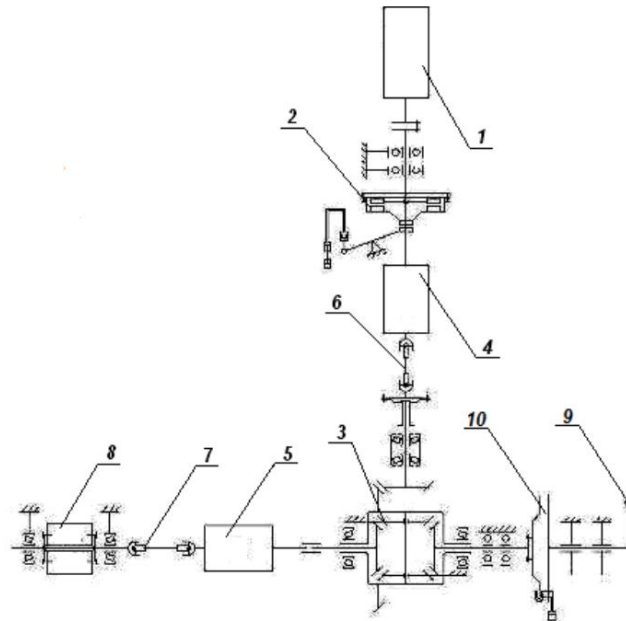


Рис. 3.3. Кінематична схема універсального стенда для випробування фрикційних пар гальмівних механізмів: 1 – енергоустановка; 2 – зчеплення; 3 – конічний редуктор; 4, 5 – багатоступінчастий співвісний редуктор; 6, 7 – карданна передача; 8 – махові маси; 9 – тензодатчик; 10 – випробувальний вузол.

Особливістю запропонованого компоновання є логічне та структуроване розташування вузлів і механізмів стенда, що максимально відповідає реальному розташуванню агрегатів автомобіля. Зокрема, це стосується розміщення енергетичної установки 1 з муфтою зчеплення 2, багатоступеневого співвісного редуктора 4, конічного редуктора 3 та карданної передачі 6. Включення додаткового багатоступеневого співвісного редуктора дозволяє задавати необхідний крутний момент, що у поєднанні з

маховими масами 8 забезпечує накопичення кінетичної енергії випробовуваного автомобіля. Крім того, використання редуктора розширює діапазон крутного моменту, забезпечуючи регулювання кількості кінетичної енергії залежно від класу транспортного засобу.

Гальмівний вузол монтується на нерухомих опорах 10, конструкція яких передбачає можливість корекції відстані між опорами відповідно до типу випробовуваних гальмівних механізмів. Крутний момент через конічний редуктор передається на махові маси та гальмівний диск випробовуваного гальмівного вузла. Махові маси виконують функцію акумулювання енергії, яка за величиною відповідає енергії автомобіля, що припадає на один гальмівний механізм у процесі гальмування. Після досягнення заданої кутової швидкості здійснюється сам акт гальмування та фіксація гальмівного моменту за допомогою тензодатчика 9 (рис. 3.4).

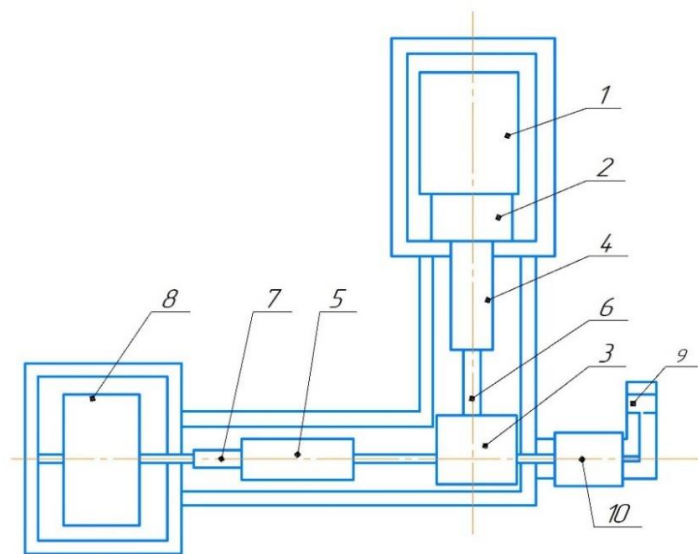


Рис. 3.4. Структурна схема універсального інерційного стенду для випробування фрикційних пар гальмівних механізмів: 1 – енергоустановка; 2 – зчеплення; 3 – конічний редуктор; 4, 5 – багатоступінчастий співвісний редуктор; 6, 7 – карданна передача; 8 – махові маси; 9 – тензодатчик; 10 – випробувальний вузол; 11 – рама.

Як вже зазначалося раніше, автомобілі різних класів істотно відрізняються за масою та динамічними показниками, що безпосередньо

впливає на величину енергетичного навантаження на їхні гальмівні механізми. Зокрема, кількість енергії, яку повинні розсіювати гальмівні системи легкових автомобілів малого класу та транспортних засобів великої маси, є принципово різною.

З метою оптимізації використання ресурсу випробувальних стендів доцільно здійснити поділ усієї поглинаючої енергії на так звані енергетичні коридори (рис. 3.5).

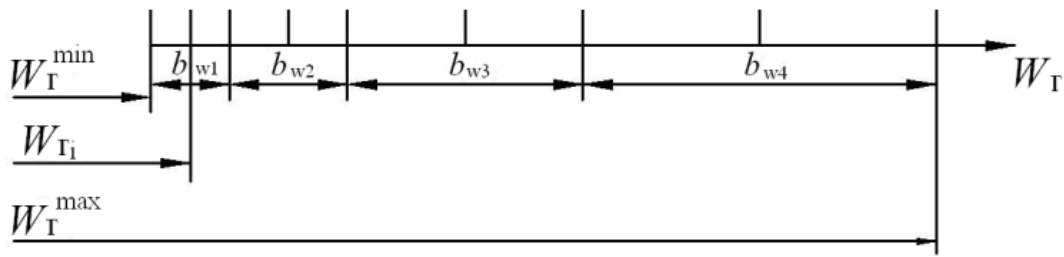


Рис. 3.5. Схематичне відображення енергетичної шкали (енергетичних рівнів/коридорів).

Сума величин енергетичних коридорів буде дорівнювати різниці між найбільшим і найменшим значеннями енергій для всіх класів автомобілів:

$$\sum bw_i = W_{\Gamma i}^{\max} - W_{\Gamma i}^{\min}$$

Ширина одного енергетичного коридору буде визначатися похибкою визначення енергії:

$$bw_i = 2W_{\Gamma i} \cdot K$$

Підставляючи отримаємо:

$$\sum bw_i = 2K \cdot \sum W_{\Gamma}.$$

Оскільки передні гальмівні механізми зазнають більшого енергетичного навантаження, надалі всі розрахунки виконуватимуться саме на їх прикладі. У межах першого енергетичного коридору поглинена гальмівним механізмом енергія визначається як:

$$2W_{\Gamma 11} = W_{\Gamma 1}^{\min} + KW_{\Gamma 1}$$

Приймаємо кількість енергетичних коридорів:

$$n = 7$$

В таблиці 3.2 зведені результати розрахунків границь енергетичних коридорів.

Таблиця 3.2

Границі енергетичних коридорів

Номер коридору n	1	2	3	4	5	6	7
Значення енергії, МДж	0,155-0,229	0,229-0,338	0,338-0,499	0,499-0,736	0,736-1,086	1,086-1,602	1,602-1,909

Під час конструювання випробувальних стендів для гальмівних механізмів моделювання енергії здійснюється шляхом використання моменту інерції махових мас. Енергія у даному випадку визначається через математичний вираз, що враховує момент інерції цих мас:

$$W_{Gi} = \frac{I_M \omega_{Mi}^2}{2}$$

Передавальні числа редуктора стенду наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Передатні числа редуктора

Номер коридору n	1	2	3	4	5	6	7
Передатне число u_{ki}	1	1,214	1,475	1,791	2,174	2,639	3,204

Беремо максимальну кутову швидкість $\omega_{M_{maxi}}^2 = 523,6 \text{ c}^{-1}$. Момент інерції стенду:

$$I_M = \frac{2 \cdot 1,91 \cdot 10^5}{523,6} = 729,565 \text{ кгм}^2$$

Махові маси стенда виготовляються у вигляді металевих суцільних циліндрів. Момент інерції циліндра

$$RI = \pi HR^4 \rho$$

де H – ширина махових мас, м;

R – радіус махових мас, м;

ρ – щільність матеріалу, з якого виготовлені махові маси, кг/м²

Приймаємо радіус махових мас $R = 0,4$ м. Знаючи необхідний момент інерції розраховуємо ширину махових мас:

$$H = \frac{I}{\pi R^4 \rho} = \frac{729,565}{3,14 \cdot 0,4^4 \cdot 7860} = 1,15 \text{ м}$$

Маса махових мас

$$M_{mm} = 2\pi \cdot R^2 \cdot H = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,4^2 \cdot 1,15 = 115,55 \text{ кг}$$

З урахуванням енергетичних характеристик було модернізовано класифікацію обладнання, призначеного для випробування гальмівних механізмів. У межах запропонованого критерію класифікації кожен клас випробувального стенда співвідноситься з відповідною категорією транспортних засобів.

Висновки до розділу III

В розділі розроблено стенд для діагностики гальмівних систем та підвищення ефективності технічного обслуговування легкових автомобілів.

Описано пристрій та принцип роботи випробувального стенду, що забезпечує контроль основних параметрів гальмівної системи, таких як гальмівні зусилля, швидкість реакції, сповільнення автомобіля та працездатність сенсорів.

Запропоновано удосконалення стенду для перевірки гальмівної системи. Розроблена конструкція стенду дозволяє проводити випробування в умовах, що максимально наближені до реальної експлуатації автомобіля, забезпечуючи точність і надійність отриманих результатів.

РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вимоги безпеки під час ремонту та діагностування гальмівної системи автомобіля

Проведення ремонтних та діагностичних робіт з гальмівною системою автомобіля належить до категорії робіт підвищеної небезпеки, оскільки несправності або помилки під час виконання операцій можуть призвести до аварійних ситуацій на дорозі. Тому дотримання вимог безпеки є обов'язковою умовою для персоналу, що здійснює обслуговування.

Насамперед, перед початком робіт автомобіль необхідно надійно встановити на рівному майданчику, зафіксувати стоянковим гальмом та спеціальними упорами під колеса. Під час робіт з піднятим автомобілем використання лише домкрата заборонене – транспортний засіб має бути додатково закріплений на підставках.

У процесі демонтажу або перевірки гальмівних механізмів слід уникати потрапляння гальмової рідини на шкіру, слизові оболонки та в очі, оскільки вона є токсичною та агресивною речовиною. Роботи необхідно проводити в захисних рукавицях, спецодязі та, за потреби, в захисних окулярах. При проливі рідини робоче місце потрібно негайно очистити, не допускаючи контакту з відкритим полум'ям, адже більшість гальмових рідин є легкозаймистими.

Під час роботи на стенді необхідно суворо дотримуватися правил техніки безпеки, оскільки процес діагностики пов'язаний із використанням обертових механізмів, високих навантажень та електричного обладнання. Перед початком роботи працівник має пройти інструктаж та перевірити справність як самого стенду, так і допоміжних пристроїв.

Особливу увагу слід приділяти надійному закріпленню автомобіля на платформі, щоб запобігти його неконтрольованому рухові під час випробувань. Робоча зона навколо стенду повинна бути вільною від

сторонніх предметів, мастильних матеріалів та інструментів, які можуть стати причиною травмування або перешкодити коректному виконанню діагностики.

Особливу увагу слід приділяти роботам з антиблокувальною системою (ABS) та іншими електронними компонентами. Перед їхнім обслуговуванням необхідно знеструмити бортову мережу автомобіля, від'єднавши акумуляторну батарею, щоб уникнути ураження електричним струмом або пошкодження електронних блоків.

Усі роботи мають виконуватися в добре вентильованому приміщенні, оскільки при гальмуванні на стендах можливе виділення пилу від колодок, який є шкідливим для органів дихання. Для запобігання цьому рекомендується застосовувати локальну витяжну вентиляцію.

Після завершення ремонту чи діагностики необхідно переконатися у відсутності витоків гальмової рідини, надійності кріплення всіх вузлів і деталей, а також у правильному функціонуванні системи під час контрольних випробувань. Лише після цього транспортний засіб може бути допущений до експлуатації.

4.2 Протипожежні заходи на станції технічного обслуговування

Протипожежні заходи на станціях технічного обслуговування автомобілів мають першочергове значення, оскільки у процесі їх роботи використовуються легкозаймисті рідини, мастильні матеріали, гази, а також застосовується електрообладнання, здатне створювати джерела запалювання. Забезпечення належного рівня пожежної безпеки передбачає комплекс організаційних, технічних та профілактичних дій, спрямованих на попередження виникнення пожежі та мінімізацію її наслідків у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Передусім велике значення має правильне планування виробничих приміщень. Зони зберігання легкозаймистих речовин повинні бути ізольовані

від основних робочих місць і обладнані вентиляційними системами для недопущення накопичення парів. Приміщення повинні мати достатню кількість евакуаційних виходів, які позначаються світловими покажчиками та мають залишатися вільними від будь-яких перешкод. Усі двері на шляхах евакуації повинні відкриватися назовні, а ширина проходів має відповідати нормативним вимогам для забезпечення безпечної евакуації персоналу та відвідувачів.

Важливою складовою є оснащення СТО системами пожежогасіння. На території обов'язково встановлюються первинні засоби пожежогасіння – вогнегасники різних типів залежно від можливих джерел займання, а також пожежні крани з доступом до водопостачання. У великих приміщеннях доцільно використовувати автоматичні установки пожежної сигналізації та системи сповіщення, які забезпечують оперативне виявлення загоряння та своєчасне інформування персоналу про небезпеку. Вогнегасники повинні регулярно перевірятися на придатність та розміщуватися у легкодоступних місцях.

Особливу увагу приділяють організації безпечного зберігання та використання паливно-мастильних матеріалів. Ємності з горючими рідинами повинні бути щільно закритими, розташовуватися у спеціально відведених приміщеннях або шафах, виготовлених із негорючих матеріалів. Заправка автомобілів, а також злив чи перекачування пального виконуються із суворим дотриманням правил техніки безпеки. Забороняється паління та користування відкритим вогнем у виробничих і складських зонах.

Не менш значущим є електробезпечне облаштування СТО. Електромережі та обладнання повинні регулярно перевірятися, а будь-які несправності негайно усуватися. Використання кабелів та вимикачів, які не відповідають стандартам, може спричинити коротке замикання та стати джерелом займання. Усі електроприлади мають бути заземлені, а їх експлуатація допускається лише у відповідності до інструкцій виробників.

Організаційні заходи передбачають проведення регулярних інструктажів для працівників щодо правил пожежної безпеки, користування вогнегасниками та порядку дій у разі виникнення пожежі. Персонал повинен бути ознайомлений із планами евакуації та вміти швидко орієнтуватися у надзвичайних умовах.

Також необхідно здійснювати постійний контроль за дотриманням правил пожежної безпеки під час виконання робіт із використанням відкритого вогню, наприклад при зварюванні чи різанні металу, застосовуючи для цього спеціальні екрани та іскрозахисні пристрої.

Таким чином, протипожежні заходи на станції технічного обслуговування охоплюють увесь спектр дій – від архітектурно-планувальних рішень і технічного оснащення до дисципліни працівників та постійного контролю. Лише комплексний підхід, що поєднує превентивні дії та оперативну готовність, здатен забезпечити належний рівень безпеки та захистити як персонал і клієнтів, так і матеріальні цінності підприємства від наслідків пожеж.

4.3 Використання засобів індивідуального захисту технологічних процесів з діагностики гальмівних систем

Проведення діагностичних робіт із гальмівними системами легкових автомобілів пов'язане з підвищеними факторами ризику для персоналу, оскільки під час виконання вимірювань та регулювань виникають умови впливу хімічних речовин, підвищеного шуму, вібрацій, пилу, а також небезпеки від рухомих частин обладнання і транспортних засобів. З метою запобігання виробничим травмам та професійним захворюванням працівники повинні обов'язково застосовувати комплекс засобів індивідуального захисту, підібраних відповідно до характеру робіт.

Насамперед використання захисного спецодягу є обов'язковим. Він включає костюм із бавовняної або змішаної тканини, що захищає від

забруднення мастильними матеріалами та гальмівною рідиною, яка має токсичні властивості. У випадках роботи із системами, де можливий контакт із агресивними середовищами, рекомендується застосування костюмів зі спеціальним захисним просоченням.

Важливою складовою є захисне взуття, яке повинно бути виготовлене з міцних матеріалів та мати антиковзну підошву. Це знижує ризик падіння на ділянках, де можливе потрапляння мастил чи робочих рідин. Крім того, взуття має бути обладнане захисним підноском, що запобігає травмам стоп при випадковому падінні інструменту чи деталей.

Захист рук у процесі діагностики гальмівних систем є особливо актуальним, оскільки механік контактує з гальмівними колодками, дисками, супортами та гальмівною рідиною. Для цього використовуються гумові або нітрилові рукавички, стійкі до впливу хімічних речовин, а також брезентові чи комбіновані рукавички для робіт, де присутні механічні навантаження.

Оскільки гальмівна рідина може виділяти шкідливі пари, доцільним є застосування засобів захисту органів дихання. Використовуються фільтруючі респіратори або маски зі змінними картриджами, які запобігають вдиханню токсичних випарів. Особливо це важливо при заміні гальмівної рідини, видаленні повітря з гідроприводу чи при проведенні ремонту з використанням очищувальних аерозолів.

Для захисту очей обов'язковим є застосування захисних окулярів або щитків, які запобігають потраплянню брызок робочої рідини чи дрібних абразивних частинок, що утворюються при механічному очищенні гальмівних деталей.

У разі роботи на роликових гальмівних стендах, де виникає підвищений рівень шуму і вібрацій, рекомендується застосування засобів захисту органів слуху (берушів або навушників). Це забезпечує зниження акустичного навантаження на працівника та сприяє збереженню його слуху при тривалому контакті з обладнанням.

Додатково, при виконанні діагностики на працюючому автомобілі, персонал повинен користуватися захисними касками, які убезпечують від ударів елементами підйомного обладнання, та світловідбивними жилетами, що забезпечують видимість працівника в зоні руху транспортних засобів.

Отже, застосування засобів індивідуального захисту під час діагностики гальмівних систем легкових автомобілів є ключовою умовою безпечної організації технологічного процесу.

Виконання вимог охорони праці дозволяє не лише мінімізувати ризики травмування та шкідливого впливу виробничих факторів на працівника, але й забезпечує належний рівень ефективності та якості проведення діагностичних операцій.

Висновки до розділу IV

Аналіз правил та вимог безпеки під час ремонту та діагностування гальмівної системи автомобіля показав, що правильна організація робочого місця, контроль стану інструментів та обладнання, а також дотримання інструкцій із експлуатації стендів і підйомників є ключовими факторами запобігання аварійним ситуаціям.

У розділі було вивчено заходи протипожежної безпеки на станції технічного обслуговування. Проаналізовано основні ризики виникнення пожеж, що пов'язані з використанням легкозаймистих рідин, роботою електрообладнання та технологічними процесами обслуговування автомобілів.

Розглядається застосування засобів індивідуального захисту під час проведення технологічних процесів діагностики гальмівних систем.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В теоретичному розділі розглянуто призначення та конструкцію гальмівної системи легкового автомобіля. Зроблено аналіз гальмівної системи легкових автомобілів, що оснащені антиблокувальною системою (ABS). Проведена робота підтверджує необхідність комплексного підходу до оцінки роботи ABS, включаючи перевірку як механічних, так і електронних компонентів системи. Обґрунтовано організацію та технологічні аспекти процесів відновлення та технічного обслуговування гальмівної системи легкового автомобіля.

В технологічному розділі проаналізовано технологічне обладнання та визначення необхідної площі виробничих приміщень станції технічного обслуговування (СТО). Розглянуто дорожню та стендову діагностику гальмівної системи легкових автомобілів як основні методи контролю її працездатності та безпеки. Проведено аналіз існуючих методик випробувань гальмівних систем автомобілів з ABS на роликівих стендах, що дозволило визначити основні недоліки у точності та повторюваності вимірювань.

В розрахунково-конструктивному розділі розроблено стенд для діагностики гальмівних систем та підвищення ефективності технічного обслуговування легкових автомобілів. Розроблена конструкція стенду дозволяє проводити випробування в умовах, що максимально наближені до реальної експлуатації автомобіля, забезпечуючи точність і надійність отриманих результатів.

В розділі охорона праці проведено аналіз правил та вимог безпеки під час ремонту та діагностування гальмівної системи легкового автомобіля. Вивчено заходи протипожежної безпеки на станції технічного обслуговування. Розглядається застосування засобів індивідуального захисту під час проведення технологічних процесів діагностики гальмівних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І. Б., Рогатинський Р. М., Ляшук О. Л., Левкович М. Г., Гудь В. З., Сташків М. Я., Сіправська М. Д. Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
2. Огневий В. О., Бабій М. О. Аналіз стендів для діагностування гальмівних систем автотранспортних засобів. *Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ*, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р.
3. Лазар А. В. Дослідження гальмівних стендів та розробка систем контролю гальмівних параметрів : навч. посіб. Київ, 2022.
4. Бевз О. В. Дослідження характеристик гальмівного механізму. Збірник наукових праць. 2019.
5. Лобатюк Ю. А., Мокін О. Б., Мокін Б. І. Методи і засоби технічної діагностики гальмівної системи : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2018. 100 с.
6. Охорона праці на автомобільному транспорті : навчальний посібник / Пістун І. П., Хом'як Й. В., Хом'як В. В. 2-ге вид., стер. Суми : Університетська книга, 2020. 374 с.
7. Чернюк Є. О. Огляд методів і засобів діагностики гальмівних систем : наук.-практ. конференція. 2025.
8. Колеснік І. В. Стенд для дослідження рульових та гальмівних систем магіст. робота. 2019.
9. Веремей Г. О. Основи технічної діагностики автомобілів : метод. вказівки. Чернігів : ЧНТУ, 2017. 34 с.
10. Тесля К., Бондар А. М. Види стендів та методи випробувань гальмівних систем. 2023.
11. Петренко І. О. Дослідження та розвиток майданчикових гальмівних стендів : матеріали проекту 2023.

12. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
13. Підвищення якості контролю гальмівних систем: методичні матеріали. Вінниця, ВНТУ, 2018. 45 с.
14. Ковпак О. О. Удосконалення методики діагностування гальмівних систем причіпів і напівпричіпів : кваліфікац. робота. Вінниця, ВНТУ, 2015. 72 с.
15. Кашуба В. І. Удосконалення технології та організації випробувань гальмівних систем : автореферат. 2003. 84 с.
16. Діагностика гальмівної системи автомобіля методичний матеріал (онлайн-джерело).
17. Назаров О. І., Кашканов В. А. Оцінка функціональної придатності гальмівних систем легкових автомобілів. *Вісник машинобудування та транспорту*, 2021. №2. С. 17-20.
18. Ковальов С. О. Стенд для дослідження гальмівних параметрів легкових автомобілів, ТНТУ, 2019.
19. Кисликов Ф., Лущик В. Будова і експлуатація автомобілів Львів, 2020 (розділ про гальмівні системи та їх діагностику).
20. Назаров О. І. Порівняльна оцінка гальмових властивостей легкових автомобілів. ВМТ, 2020.