

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет _____ конструювання та дизайну _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри надійності техніки

К.Т.Н., доцент _____ Новицький А.В.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

“ _____ ” _____ 2025 __ року

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТА

Сьомако Владиславу Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Спеціалізація _____

(назва)

Магістерська програма «Технічний сервіс машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»

(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи **«Дослідження технічного стану та підвищення надійності гальмівних систем вантажних автомобілів»**

затверджена наказом ректора НУБіПУ від «28»03.2025 р. №2266 «С»

2. Термін подання завершеної роботи на кафедру 11.11.2025 р.

(рік, місяць, число)

3. Вихідні дані магістерської роботи: 3.1. Призначення та загальна характеристика гальмівних систем вантажівок. 3.2. Класифікація гальмівних систем вантажних автомобілів. 3.3. Типові несправності гальмівних систем та умови їх виникнення. 3.4. Аналіз впливу технічного стану на ефективність і безпеку руху 4. Параметри, що характеризують технічний стан гальмівних систем. 4.1. Огляд методів діагностування гальмівних систем. 4.2. Огляд обладнання для діагностики гальм вантажних автомобілів. 4.3. Розробка комплексної методики діагностики гальмівної системи вантажних автомобілів. 4.4. Розробка плану випробувань на надійність. 4.5. Програма і методика експериментальних досліджень. 4.6. Результати експериментальних досліджень. 4.7. Удосконалення комплекту пристосувань для ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів та причепів 5. Формування системи інформаційного забезпечення гальмівної системи автомобіля MAN TGX. 5.1. Тема МР, предмет, об'єкт і методи дослідження. 5.2. Мета і задачі дослідження 5.3 Аналіз основних причин зниження надійності гальмівних систем. 5.4. Технологічні методи підвищення надійності. 5.5. Організаційні та

експлуатаційні способи підвищення надійності. 5.6. Рекомендації щодо підвищення надійності гальмівної системи MAN TGX та DAF XF. 5.6. Класифікація пристосувань для ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів та причепів. Висновки

Дата видачі завдання «16» грудня 2024 р.

Керівники магістерської роботи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 3 |
| РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ | 6 |
| 1.1. Загальна характеристика господарства і його виробнича діяльність | 6 |
| 1.2. Аналіз використання автомобільного парку на підприємстві ФОП «Василенко М.М» | 7 |
| 1.3. Призначення та загальна характеристика гальмівних систем вантажівок | 10 |
| 1.4. Класифікація гальмівних систем вантажних автомобілів | 11 |
| 1.5. Огляд конструкцій гальмівних систем сучасних вантажних автомобілів MAN TGX та DAF XF | 15 |
| 1.6. Типові несправності гальмівних систем та умови їх виникнення | 18 |
| 1.7. Аналіз впливу технічного стану на ефективність і безпеку руху | 21 |
| РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ | 23 |
| 2.1. Параметри, що характеризують технічний стан гальмівних систем | 23 |
| 2.2. Огляд методів діагностування гальмівних систем | 25 |
| 2.3. Огляд обладнання для діагностики гальм вантажних автомобілів | 28 |
| 2.4. Розробка комплексної методики діагностики гальмівної системи вантажних автомобілів | 31 |
| РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ MAN TGX ТА DAF XF | 36 |
| 3.1. Призначення обсягів ремонтно-обслуговуючих робіт між ремонтними підприємствами і пересувними засобами господарства | 36 |
| 3.2. Розробка плану випробувань на надійність | 37 |
| 3.3. Програма і методика експериментальних досліджень | 39 |
| 3.3.1 Обробка інформації показників надійності | 41 |
| 3.4. Результати візуального огляду | 44 |

| | |
|--|----|
| 3.5. Узагальнення результатів досліджень гальм | 45 |
| РОЗДІЛ 4. Удосконалення комплексу пристосувань для ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів та причепів | 46 |
| 4.1 Класифікація пристосувань для ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів та причепів | 46 |
| 4.1.1 Розробка конструкції стенда для зрізання гальмівних накладок | 48 |
| 4.1.2. Розробка конструкції пристрою для свердління | 49 |
| 4.1.3. Розробка конструкції пристрою для контролю | 51 |
| 4.2 Формування системи технічного обслуговування обладнання для відновлення і контролю гальмівних колодок | 52 |
| РОЗДІЛ 5. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ | 55 |
| 5.1 Формування системи інформаційного забезпечення гальмівної системи автомобіля MAN TGX | 55 |
| 5.2. Аналіз основних причин зниження надійності гальмівних систем | 58 |
| 5.3. Конструктивні методи підвищення надійності гальмівних систем | 59 |
| 5.4. Технологічні методи підвищення надійності | 61 |
| 5.5. Організаційні та експлуатаційні способи підвищення надійності | 62 |
| 5.6. Рекомендації щодо підвищення надійності гальмівної системи MAN TGX та DAF XF | 63 |
| РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ | 66 |
| 6.1. Охорона праці під час робіт із гальмівними системами вантажних автомобілів | 66 |
| 6.2. Охорона праці під час роботи з обладнанням для ремонту гальмівних колодок | 68 |
| ВИСНОВКИ | 70 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 71 |
| ДОДАТКИ | 78 |

ВСТУП

Сучасні умови розвитку автомобільного транспорту характеризуються стрімким зростанням обсягів вантажних перевезень, підвищенням інтенсивності руху на дорогах та ускладненням експлуатаційних режимів транспортних засобів. За таких умов питання забезпечення безпеки дорожнього руху набуває особливої актуальності, адже технічний стан транспортного засобу безпосередньо впливає на рівень аварійності. Одним із ключових елементів, що визначає безпеку руху вантажних автомобілів, є гальмівна система, від справності якої залежить можливість своєчасного зниження швидкості, утримання транспортного засобу на схилі та запобігання неконтрольованому руху.

За даними аналітичних звітів європейських і національних транспортних агентств, від 18 % до 27 % дорожньо-транспортних пригод з участю вантажних автомобілів пов'язані з відмовами або незадовільним технічним станом гальмівних систем. Типовими причинами є нерівномірність гальмування, зниження ефективності робочих механізмів, знос гальмівних колодок і дисків, несправності пневматичного приводу та електронних систем керування ABS/EBS. В умовах високих навантажень, значних мас транспортних засобів та інтенсивної експлуатації саме гальмівна система є одним із найбільш навантажених і уразливих агрегатів.

Особливої уваги потребують сучасні вантажні автомобілі марок MAN TGX та DAF XF, які широко використовуються в міжнародних та внутрішніх вантажних перевезеннях. З огляду на складність їхньої конструкції, застосування електропневматичних систем керування, багатоканальних модулів EBS, дискових гальм з високими тепловими навантаженнями, питання діагностики та підвищення надійності набувають стратегічного значення для транспортних компаній.

Актуальність теми також зумовлюється тим, що сучасні методи обслуговування та контролю технічного стану часто не дозволяють своєчасно виявляти зародження несправностей. Відсутність систем моніторингу

реального зносу, недостатня інформативність стандартних діагностичних перевірок та людський фактор призводять до експлуатації транспортних засобів із прихованими дефектами. Тому важливим завданням є дослідження існуючих методів діагностики гальмівних систем, проведення практичної оцінки їхнього стану та розробка рекомендацій щодо підвищення надійності.

Об'єкт дослідження – гальмівні системи вантажних автомобілів.

Предмет дослідження – технічний стан елементів гальмівних систем та методи його оцінювання з метою підвищення надійності.

Мета роботи – підвищення надійності гальмівних систем вантажних автомобілів на основі аналізу їх конструкційних особливостей, дослідження технічного стану та розробки рекомендацій щодо удосконалення обслуговування та ремонту.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасні конструкції гальмівних систем вантажних автомобілів та вимоги до їхньої роботи.
2. Дослідити типові несправності та фактори, що впливають на ефективність та надійність гальмування.
3. Розглянути існуючі методи діагностики та контролю технічного стану гальмівних механізмів і пневматичного приводу.
4. Провести дослідження технічного стану гальмівних систем автомобілів MAN TGX та DAF XF за допомогою інструментальних та діагностичних методів.
5. Виконати аналіз отриманих результатів і порівняти їх із нормативними вимогами.
6. Запропонувати технічні та організаційні заходи щодо підвищення надійності гальмівних систем.

Провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

Методи дослідження включають аналіз літературних джерел, порівняльний аналіз конструкцій, інструментальні вимірювання, стендові

випробування, елементи математичного моделювання, статистичні методи обробки даних та експертні оцінки.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до оцінювання технічного стану гальмівних систем на основі поєднання інструментальної діагностики, аналізу електронних даних систем EBS та оцінки зносу механічних вузлів, а також у формуванні рекомендацій щодо підвищення їхньої надійності.

Практичне значення полягає у можливості використання результатів дослідження транспортними підприємствами, сервісними станціями та технічними центрами для підвищення ефективності технічного обслуговування та безпеки експлуатації вантажних автомобілів.

Таким чином, тема дослідження є актуальною, має наукову та практичну значущість, а виконання роботи дозволить удосконалити підходи до діагностики та підвищення надійності гальмівних систем сучасних вантажних автомобілів.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Загальна характеристика господарства і його виробнича діяльність

Підприємство ФОП «Василенко М.М.» знаходиться в південно-західній частині регіону. Відстань до обласного центра м. Чернігів становить 130 км. З'єднаний переважно асфальтними та асфальтно-бетонними дорогами. Найближча залізнична станція розташована на відстані в 30 км.



Рис. 1.1 Автопарк підприємства ФОП «Василенко М.М.»

До даного автотранспортного підприємництва відноситься - підприємство автомобільного транспорту комплексного типу, що здійснює перевезення вантажів, зберігання, технічне обслуговування та ремонт рухомого складу, забезпечення його експлуатаційними матеріалами та запасними частинами. Також на даному підприємстві виконуються перевезення вантажів, зберігають, обслуговують та ремонтують рухомий склад. В ньому виконуються всі види технічного обслуговування та поточного ремонту, тобто щоденне обслуговування (ЩО), технічне обслуговування №1(ТО-1), технічне обслуговування №2 (ТО-2), сезонне обслуговування (СО), поточний ремонт (ПР), а також діагностичні роботи 1 і 2 (Д-1, Д-2), якщо діагностичні роботи виділені із ТО та ПР на спеціалізовані пости діагностики. Дане АТП має великий автопарк та матеріально технічну базу для його обслуговування.

1.2. Аналіз використання автомобільного парку на підприємстві ФОП «Василенко М.М.»

Автомобільний парк підприємства переважно розміщено на центральній стоянці, а частина техніки зберігається в гаражах та ангарах. Недоліком такого облаштування є недостатньо продумане розташування транспортних засобів, що призводить до нераціонального руху по території та створення перешкод іншим автомобілям. Це знижує ефективність роботи та ускладнює організацію логістичних процесів.

Проведений аналіз показує, що наявна техніка не завжди використовується на повну потужність, особливо у зимово-весняний період. Однією з головних причин неповного завантаження транспорту є значна кількість відмов, спричинених несвоєчасним проведенням технічного обслуговування та неякісним виконанням ремонтних робіт. Основною причиною затримок у проведенні ТО та ремонтів є відсутність у майстерні необхідних технологічних дільниць, спеціалізованого обладнання та чітко розроблених графіків проведення ТО й ПР. Перелік автомобілів, що перебувають у господарстві, з короткою характеристикою наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1.

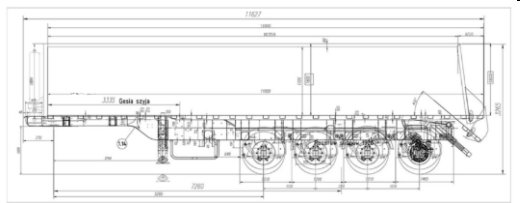
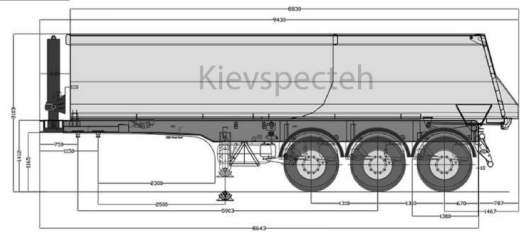
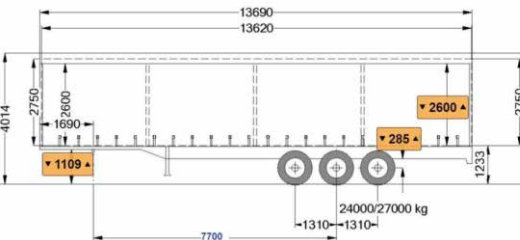
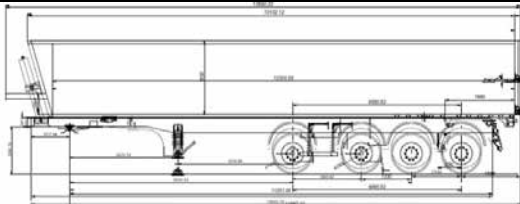
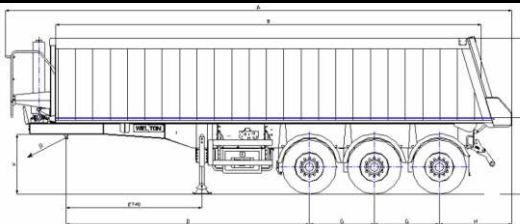
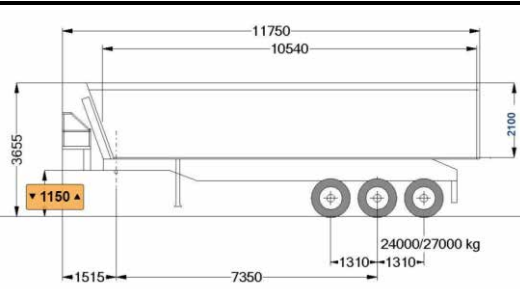
Характеристика автомобілів на підприємстві ФОП«Василенко М.М.»

| Назва машин | Марка | Витрата палива л/100км. | Колісна формула | Потужність к.с. | Кі-сть |
|-------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Автомобілі | MAN TGA | 28.8 | 4x2 | 440 | 4 |
| | MAN TGX | 28.1 | 4x2 | 440 | 20 |
| | MAN TGS | 28.3 | 6x2 | 480 | 4 |
| | DAF XF | 27.9 | 4x2 | 430 | 18 |
| | DAF CF | 28.6 | 4x2 | 380 | 3 |
| | Renault Premium 430 dxi | 31 | 8x4 | 380 | 1 |

Перелік напівпричепів, що перебувають у господарстві, з короткою характеристикою наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Наявність напівпричепів на підприємстві ФОП «Василенко М.М»

| Назва | Марка | Схематичне зображення | Кі-сть |
|--|---|--|--------|
| Самоскид | BODEX 45 м ³ |  | 7 |
| | BODEX KIS 3WS2 HP 30 м ³ |  | 8 |
| Тентований напівпричіп | Schmitz |  | 1 |
| Контейнеровоз з механізмом саморозвантаження | BODEX KIS 4WA 50-75 м ³ |  | 12 |
| | Wielton NW 3 A 42 PK |  | 11 |
| | Schmitz Gotha 54 м ³ |  | 9 |

Аналізуючи парк напівпричепів, робимо висновки, що найбільше задіяні напівпричепи марок BODEX KIS 4WA 50-75 м³

Wielton NW 3 A 42 PK, це обумовлено збільшеним об'ємом кузова і відносно не великою вагою. Спираючись на це створено структуру найпоширеніших типів автопоїздів і зображено на - рисунку 1.2.

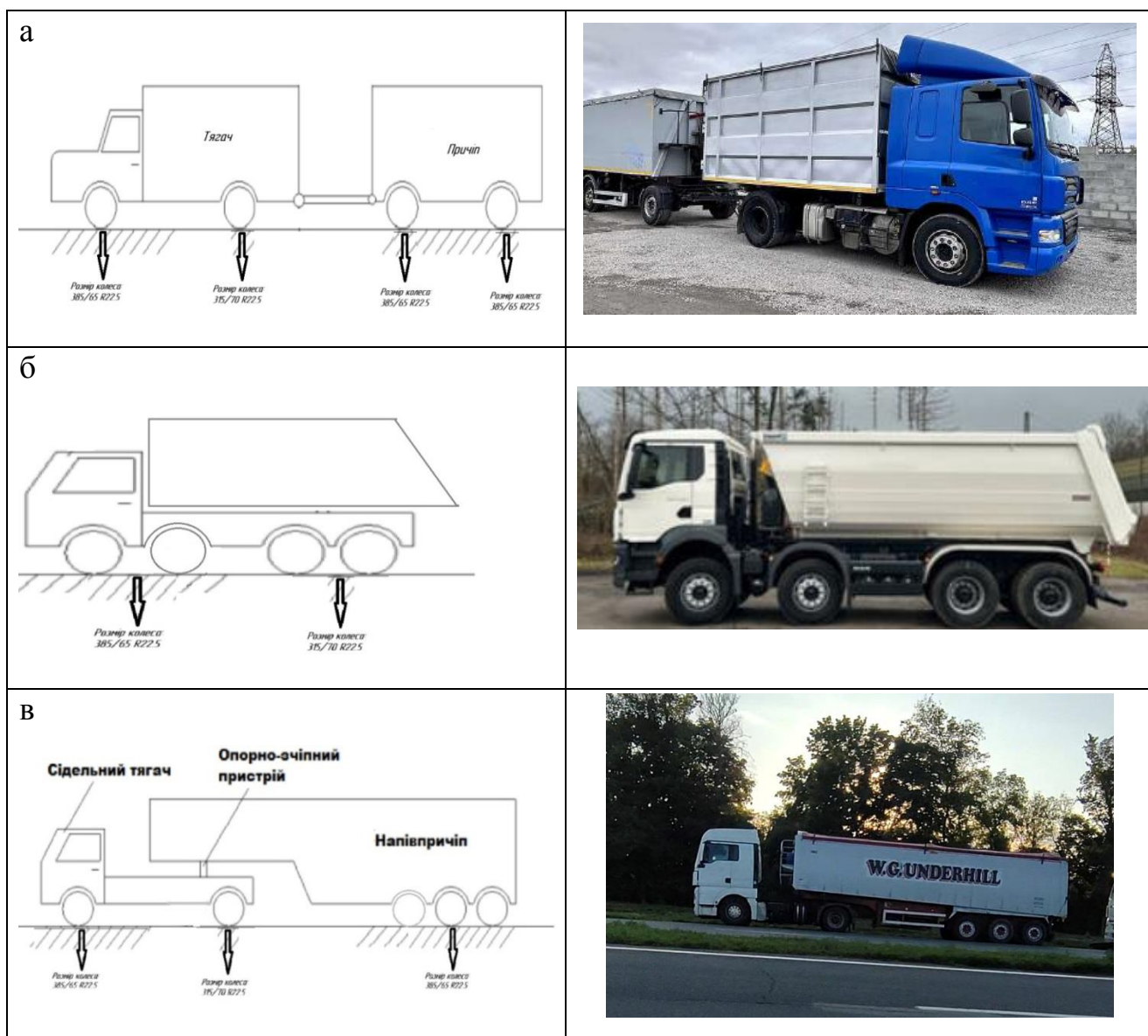


Рис.1.2. Структурна схема типів автопоїздів для дослідження їх гальмівних властивостей на підприємстві ФОП «Василенко М.М»: а - автозчипка (комбінація вантажного авто та причепа), б - самоскид, в - сідельний тягач (самохідна техніка, яка використовується для буксирування напівпричепів).

В результаті досліджено, що більш розповсюдженим типом автопоїзда є: в – сідельний тягач з напівпричепом, його використання є максимально доцільним та практичним.

1.3. Призначення та загальна характеристика гальмівних систем вантажівок

Гальмівна система є одним із ключових елементів транспортного засобу, що забезпечує безпеку дорожнього руху та ефективність експлуатації вантажного транспорту. Її основним призначенням є створення штучного уповільнення або зупинки транспортного засобу шляхом перетворення кінетичної енергії руху в теплову енергію, а також утримання автомобіля у нерухомому стані під час стоянки.

Для вантажних автомобілів характерні значні маси, що ставить особливо високі вимоги до гальмівних систем. Вони повинні забезпечувати: Достатню гальмівну силу на всіх режимах руху, рівномірність уповільнення між осями та колесами, стабільність гальмування незалежно від стану дороги та погодних умов, короткий час спрацювання, стійкість до перегріву, мінімальну втрату ефективності при багаторазових гальмуваннях, надійність та довговічність роботи механічних, пневматичних і електронних елементів.

Відповідно до міжнародних норм, вантажні автомобілі повинні бути обладнані декількома незалежними гальмівними системами:

Робоча гальмівна система – основна, що забезпечує уповільнення під час руху. Запасна гальмівна система – дублююча, яка забезпечує зупинку у разі відмови робочої системи. Стоянкова гальмівна система – утримує автомобіль на стоянці, у тому числі на уклоні. Допоміжні гальмівні системи (моторне гальмо, ретардер) – забезпечують додаткове уповільнення, зменшуючи навантаження на робочі гальма.

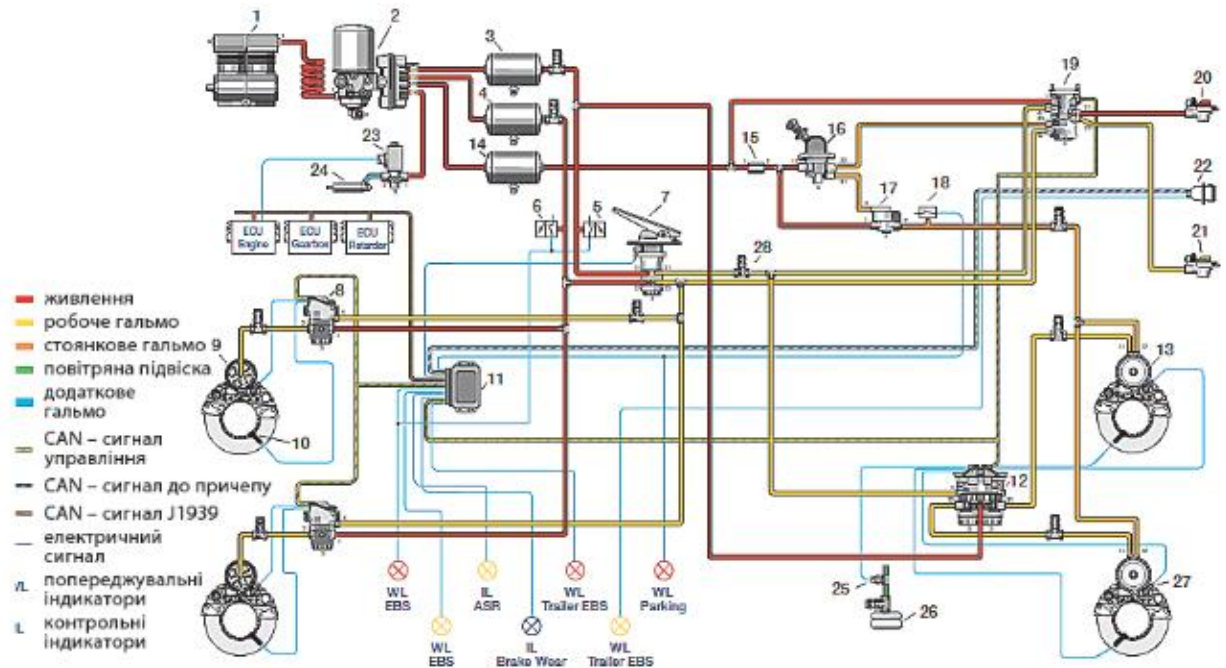


Рис. 1.2. Схема автомобільної електропневматичної гальмівної системи (EBS) (джерело: Knorr-Bremse).

Для вантажних автомобілів класу MAN TGX та DAF XF властиві сучасні пневматичні гальмівні системи з електронним керуванням (EBS), дисковими гальмами на всіх осях та інтегрованими системами ABS, ASR, ESP, що забезпечують високу стабільність руху та контроль тягових й гальмівних зусиль.

1.4. Класифікація гальмівних систем вантажних автомобілів

Гальмівні системи вантажного транспорту класифікують за принципом приводу, конструкцією гальмівних механізмів та способом керування.

Класифікація гальмівних систем за способом керування:

За способом керування гальмівні системи вантажних автомобілів можуть бути механічними, пневматичними, гідравлічними, електронними або комбінованими. Механічне керування використовується переважно у стояночних гальмах, де вплив на робочий орган передається безпосередньо через троси або важелі. Такі системи є простими та дуже надійними, але їх можливості щодо дозування гальмівного зусилля обмежені.

Пневматичне керування характерне для важких вантажівок і забезпечується шляхом регулювання тиску повітря, яке подається до гальмівних камер. Водій керує гальмівним краном, який змінює тиск відповідно до сили натискання на педаль. Пневматичне керування забезпечує плавну зміну гальмівної сили, однак потребує багато елементів і чутливе до стану пневмосистеми.

Гідравлічне керування застосовується у тих автомобілях, де потрібна швидка реакція система та висока точність дозування. Воно базується на створенні тиску в гальмівній рідині, який пропорційно передає зусилля на супорти або циліндри колодок. Гідравлічні системи чутливі до стану рідини та герметичності, проте забезпечують кращу керованість у складних дорожніх умовах.

Електронні системи керування, такі як EBS, є найсучаснішим варіантом і забезпечують найвищу швидкість та точність роботи. У таких системах датчики відстежують положення педалі, навантаження автомобіля, швидкість кожного колеса та інші параметри, передаючи інформацію до електронного блока керування. На основі цих даних ЕБУ визначає необхідну величину гальмівної сили і керує модуляторами тиску. Електронне керування дає змогу максимально ефективно розподіляти гальмівні зусилля між осями та колесами, інтегрувати системи стабілізації та знижувати час реакції на команди водія.

У сучасних вантажних автомобілях найчастіше застосовуються комбіновані схеми керування, у яких педагогічний вплив подається електронно, а гальмівний момент створюється за допомогою пневматичного приводу. Це дозволяє поєднати точність електронного контролю з високою потужністю пневматичних гальмівних механізмів. Класифікація гальмівних систем вантажних автомобілів за типом приводу:

За типом приводу гальмівні системи вантажних автомобілів поділяються залежно від способу передавання зусилля від органу керування до гальмівних механізмів. Одним із найпростіших є механічний привід, у якому сила від педалі чи важеля передається через систему важелів, тяг і тросів без

використання робочого середовища. Подібний привід нині застосовується переважно у стояночних гальмах, адже його можливості щодо створення значних гальмівних сил є обмеженими. Водночас механічна система відзначається високою надійністю, проте потребує регулярного регулювання та є чутливою до корозії й закисання елементів.

Гідравлічний привід, який значно поширеніший у легких вантажівках і автобусах, базується на передаванні зусилля за рахунок тиску гальмівної рідини. Нерозжимаємість рідини забезпечує високу чутливість та плавність гальмування, що робить такі системи ефективними у режимах, де потрібна швидка реакція. Разом з тим гідравлічний привід вимагає герметичності та ретельного технічного обслуговування, оскільки наявність повітря або погіршення властивостей рідини одразу знижує ефективність гальмування.

Найпоширенішим у важких вантажних автомобілях є пневматичний привід, у якому зусилля створюється стислим повітрям, що подається до гальмівних камер. Такий тип приводу дозволяє реалізувати значні гальмівні сили, забезпечує надійне гальмування у різних умовах і дає змогу керувати гальмами причепів. Система потребує більшої кількості елементів – компресора, осушувача, ресиверів, клапанів, магістралей – проте її надійність і ремонтпридатність роблять її стандартом для магістральних вантажних автомобілів.

Подальшим розвитком пневматичного приводу стали електропневматичні системи гальмування (EBS), у яких команда на гальмування передається електронним сигналом, а подача повітря здійснюється виконавчими модуляторами. Такий підхід практично усуває затримку між натисканням педалі та початком гальмування, а також дозволяє інтегрувати системи ABS, ASR, ESP та реалізувати точний контроль тиску в кожному контурі. У перспективних електровантажівках також застосовуються системи з електроприводом, де гальмівний момент створюється за допомогою електричних актуаторів. Вони характеризуються швидкою реакцією та високою точністю, однак поки що залишаються малорозповсюдженими через складність

і вартість. Класифікація гальмівних систем за конструкцією гальмівних механізмів:

За конструкцією гальмівних механізмів вантажні автомобілі переважно оснащуються дисковими або барабанними гальмами. Барабанні механізми мають вигляд гальмівного барабана, всередині якого розміщені колодки, що під дією робочого органу притискаються до внутрішньої поверхні барабана. Така конструкція забезпечує значний гальмівний момент завдяки великій площі тертя та здатності барабана витримувати високі навантаження. Барабанні гальма добре захищені від забруднення та працюють стабільно навіть у складних умовах експлуатації, однак страждають від поганого відведення тепла, що призводить до перегріву та зниження ефективності під час тривалої роботи. Основними складовими будови дискових гальм є : 1. Флянець колеса; 2. Гальмівний диск; 3. Анкерна пластина гальм; 4. Мембранний гальмівний циліндр; 5. Корпус гальмівного супорта; 6. Гальмівна колодка; 7. Міст гальмівного супорта; зображено на рисунку 1.3.

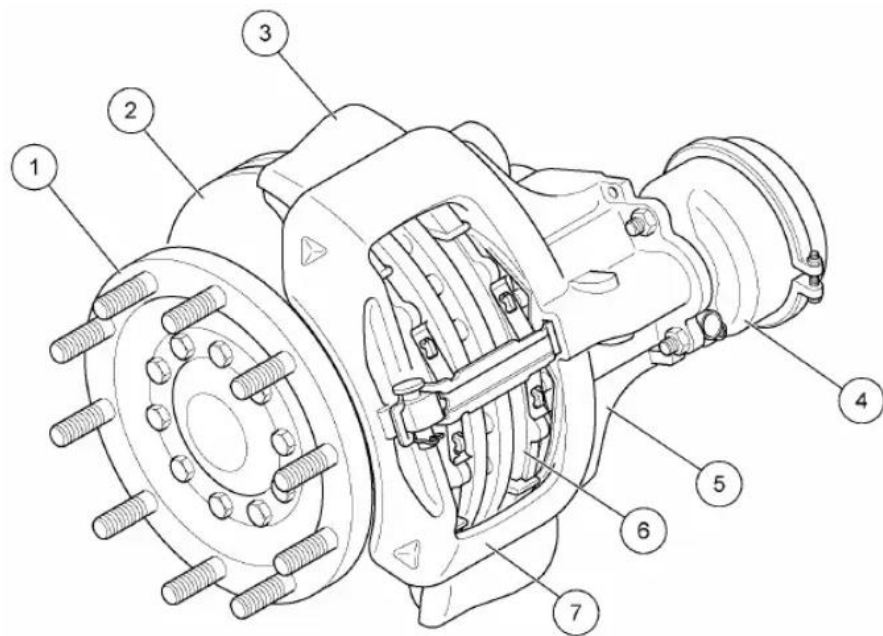


Рис. 1.3. Загальна будова ступиці з дисковими гальмами [27], (Джерело Repair Manual Brake System TGA TGS TGX)

Дискові гальмівні механізми працюють за принципом притискання колодок до диска, що обертається разом із колесом. Завдяки відкритій конструкції вони мають кращі умови для охолодження, забезпечують рівномірну роботу та меншу чутливість до перегріву. Супорти сучасних вантажних автомобілів можуть бути плаваючого або фіксованого типу, що визначає спосіб притискання колодок до диска. Дискові гальма швидше реагують на натискання педалі, простіші в обслуговуванні та мають нижчу масу, що сприяє їх широкому застосуванню на передніх осях магістральних тягачів.

У деяких конструкціях вантажних автомобілів застосовуються комбіновані системи, де передні колеса оснащені дисковими гальмами, а задні – барабанними. Це робиться для досягнення компромісу між ефективністю й ресурсом, оскільки задні барабанні гальма мають більший строк служби. Окрім традиційних фрикційних гальм, вантажні автомобілі також обладнуються додатковими уповільнювачами – гідродинамічними ретардерами або електромагнітними сповільнювачами, які знижують навантаження на основні гальма під час тривалих спусків.

1.5. Огляд конструкцій гальмівних систем сучасних вантажних автомобілів MAN TGX та DAF XF

Гальмівні системи сучасних магістральних вантажних автомобілів MAN TGX та DAF XF характеризуються високим рівнем технічного розвитку, що зумовлено вимогами до безпеки руху, зростанням маси автопоїздів та необхідністю забезпечення стабільної ефективності гальмування в широкому діапазоні експлуатаційних умов. Конструкція обох систем базується на використанні пневматичного приводу з електронним керуванням (EBS), що дозволяє забезпечити мінімальні затримки в роботі, точне дозування гальмівних зусиль та інтеграцію з допоміжними системами, такими як ABS, ASR та системи стабілізації курсової стійкості ESP.

У вантажних автомобілях MAN TGX застосовується двоконтурна пневматична гальмівна система з електронним модулюванням тиску, яка поєднує традиційний пневмопривід з електронними датчиками та модуляторами. Компресор, що приводиться від двигуна, нагнітає повітря у ресивери через осушувач, оснащений автоматичною системою регенерації. Під керуванням електронного блоку управління EBS повітря подається до гальмівних камер через швидкодіючі модулятори, які здатні дуже точно підтримувати необхідний тиск, відповідно до даних датчиків навантаження на вісь, тиску в педалі гальма, кутової швидкості коліс та стану дороги. Така інтеграція дозволяє системі гальмування MAN TGX швидко реагувати на зміни дорожньої ситуації та забезпечувати стабільне та прогнозоване гальмування навіть при високих швидкостях руху та значних масах автопоїзда.

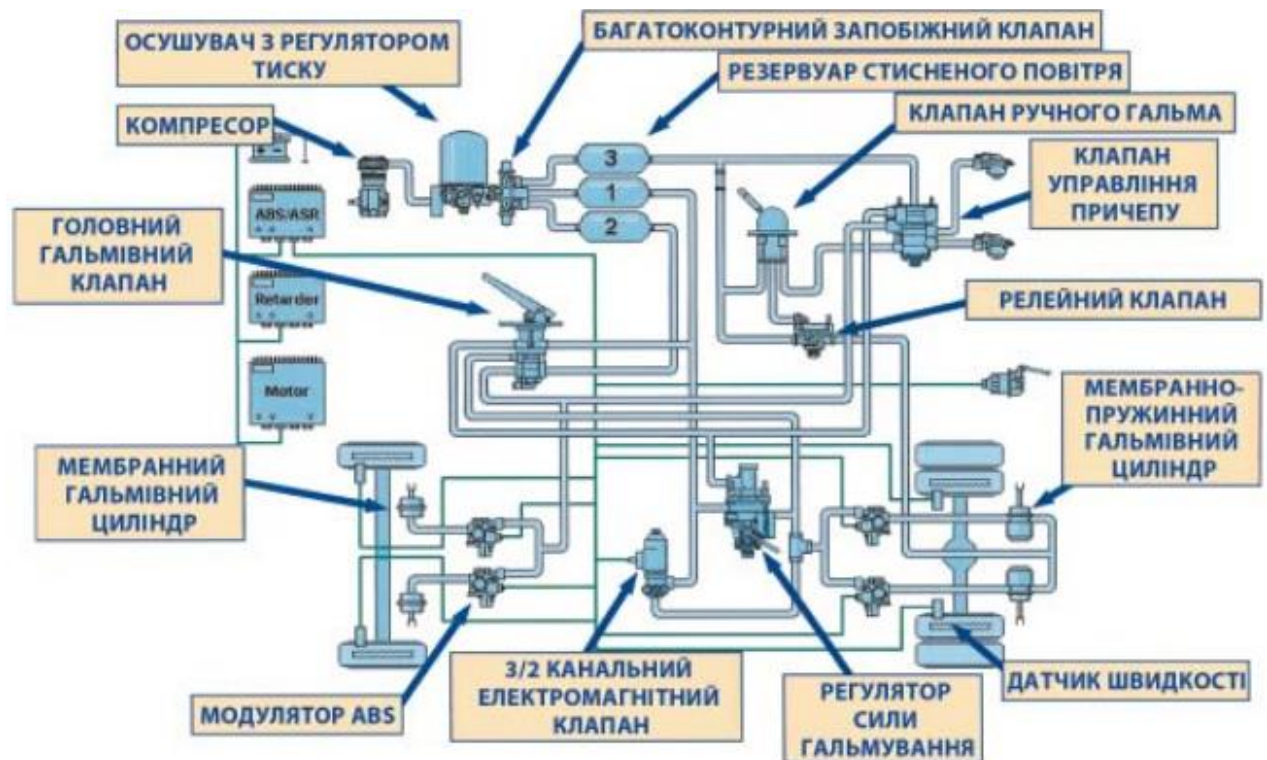


Рис.1.4 Схема пневматичної гальмівної системи вантажного автомобіля (джерело: Wabco)

Конструкція гальмівних механізмів MAN TGX включає дискові гальма на всіх осях з використанням високопродуктивних супортів і вентильованих дисків, що забезпечують ефективне охолодження та зменшення ризику

перегріву під час тривалих спусків. На задніх осях встановлено енергоакумулятори, що виконують функції робочого та паркувального гальма. Допоміжне гальмування забезпечує інтегрований ретардер (ZF Intarder), який генерує гальмівний момент без використання фрикційних елементів, розвантажуючи основні гальма та значно збільшуючи їх ресурс.

Гальмівна система автомобілів DAF XF багато в чому подібна до MAN TGX за концепцією, однак має низку конструктивних особливостей, зумовлених фірмовими рішеннями виробника. DAF XF оснащено трирівневою системою підготовки та подачі повітря, що включає продуктивний компресор, інтелектуальний осушувач та окремі ресивери для кожного контуру. Це забезпечує стабільність тиску та підвищену надійність у складних кліматичних умовах. Електронна система EBS у DAF XF забезпечує контроль тиску в реальному часі та координує роботу з системами курсової стійкості та антипробуксовочними системами, що дозволяє оптимізувати розподіл гальмівних зусиль залежно від завантаження автомобіля та стану дорожнього покриття.

Гальмівні механізми DAF XF також виконані у дисковому варіанті на всіх осях, з використанням супортів Knorr-Bremse або Wabco нового покоління, які мають підвищену жорсткість конструкції та покращені характеристики відводу тепла. Структурно такі механізми забезпечують стабільне притискання колодок до диска, мінімізують нерівномірний знос та забезпечують рівномірний розподіл гальмівного моменту. Як і в MAN TGX, задні осі DAF XF обладнуються енергоакумуляторами, що поєднують функції робочого та стояночного гальма. Крім того, на автомобілях DAF передбачена система MX Engine Brake – потужне моторне гальмо, що працює шляхом зміни фаз газорозподілу та створення підвищеного зворотного тиску у циліндрах. Це дозволяє ефективно гальмувати автомобіль без використання фрикційних механізмів, особливо на довготривалих спусках.

Однією з важливих особливостей обох моделей є їхня здатність до комплексної взаємодії гальмівних систем, включно з основним робочим

гальмом, допоміжним (ретардером чи моторним гальмом), а також стояночним гальмом. Електронний блок управління координує роботу всіх цих систем, підбираючи оптимальне співвідношення гальмівних моментів, що не тільки підвищує ефективність і безпеку, а й значно подовжує ресурс гальмівних колодок та дисків. Особливо важливою є здатність системи автоматично компенсувати зниження ефективності під час перегріву, а також рівномірно розподіляти зусилля між осями, запобігаючи занесенню та втраті стійкості автопоїзда.

Таким чином, гальмівні системи MAN TGX та DAF XF є високотехнологічними комплексами, де поєднання пневматичного приводу, електронного керування та потужних фрикційних і нефрикційних механізмів забезпечує високу ефективність, надійність та безпеку при експлуатації в умовах великих навантажень. Їх конструктивні рішення спрямовані на мінімізацію часу реакції, зменшення зносу, підвищення стабільності гальмування та оптимізацію роботи всієї системи в умовах реальних транспортних задач.

1.6. Типові несправності гальмівних систем та умови їх виникнення

Типові несправності гальмівних систем вантажних автомобілів виникають унаслідок інтенсивних механічних навантажень, зносу робочих поверхонь, перегріву, низької якості технічного обслуговування та впливу зовнішніх факторів. Однією з найпоширеніших проблем є знос гальмівних колодок та дисків, який проявляється у вигляді зменшення товщини робочих накладок, появи задирів чи тріщин на дисках, а також нерівномірного прилягання колодок до диска. Такі несправності часто виникають через агресивні режими гальмування, використання некондиційних матеріалів або порушення регламентів технічного обслуговування. Нерівномірний знос, зокрема, може бути спричинений заклинюванням направляючих супортів,

несправністю автоматичних регуляторів зазорів чи неправильним натягом елементів приводу.

Умовами виникнення таких несправностей можуть бути корозія металевих елементів, вплив низьких температур, механічні удари або старіння гуми. Крім того, порушення роботи компресора, регулятора тиску або осушувача повітря спричиняють накопичення вологи й конденсату в системі, що веде до замерзання трубопроводів або прискореної корозії. Особливо небезпечним є потрапляння масла у пневмосистему, що здатне пошкоджувати клапани та мембрани. Основні несправності та пошкодження наведено на рисунку 1.5.

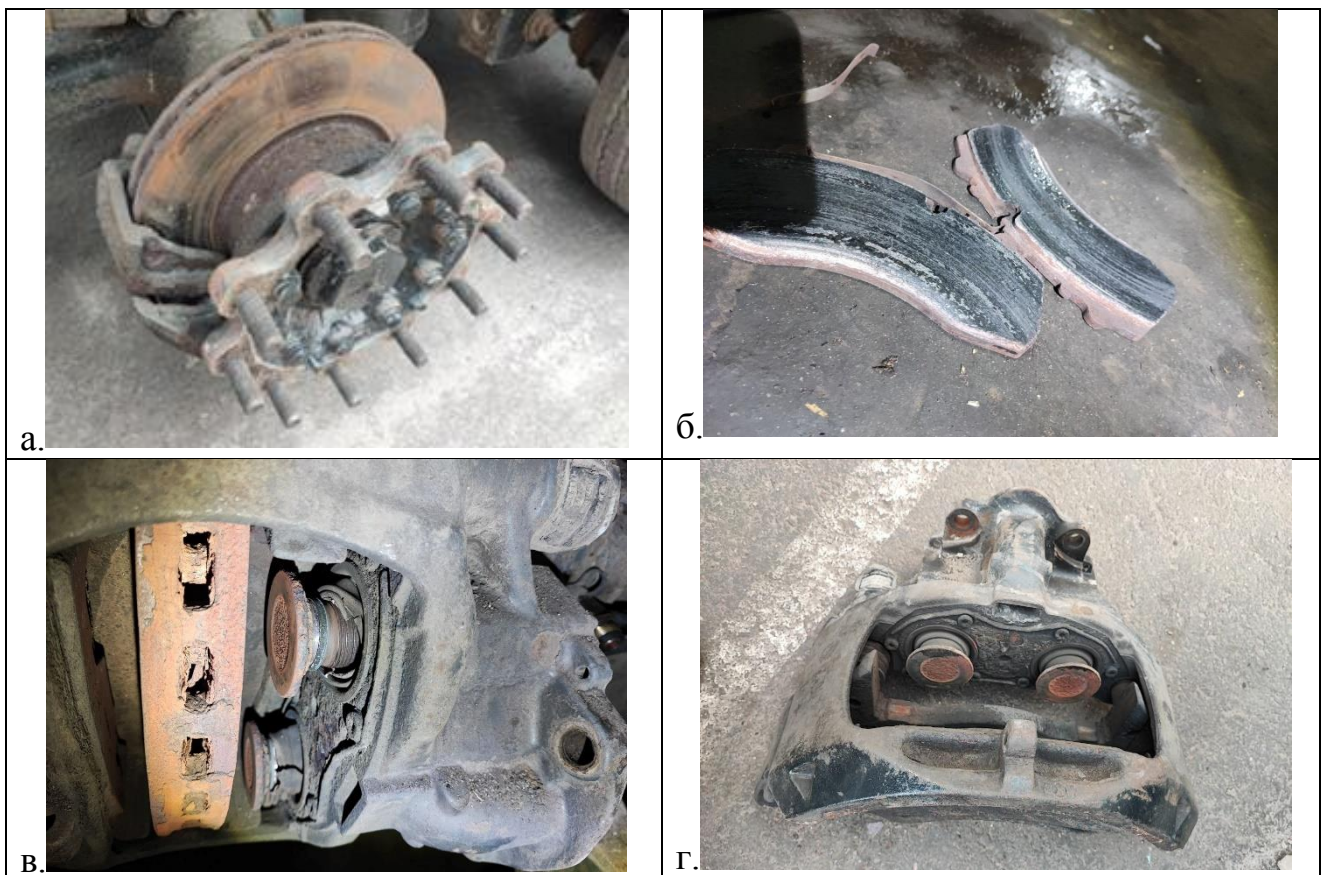


Рис 1.5. Типові несправності гальмівних систем вантажних автомобілів:
а – дефектація гальмівного диска; б - зношені гальмівні колодки;
в, г – дефектація гальмівного супорта з подальшим ремонтом.

Поширеними дефектами електронних систем керування гальмами (EBS, ABS, ASR) є збої у роботі датчиків швидкості коліс, пошкодження електропроводки, окиснення контактів або відмова електронних модулів. Несправності електронних компонентів зазвичай проявляються у вигляді неспрацювання антиблокувальної системи, появи помилок на панелі приладів, нерівномірного розподілу гальмівних зусиль або переходу гальмівної системи в аварійний режим. Процес технічного обслуговування зображено на рисунку 1.6.



Рис. 1.6. Технічне обслуговування гальмівної системи напівпричепа

Умови виникнення таких відмов пов'язані з вібраціями, попаданням води, використанням неоригінальних датчиків, порушенням ізоляції проводів та тривалим тепловим впливом.

До механічних несправностей також належать заклинювання або підклинювання елементів супортів, порушення роботи поворотних важелів, корозія пружин та заїдання напрямних. Поява таких дефектів веде до нерівномірного гальмування, перегріву окремих коліс, збільшення гальмівного шляху та зниження загальної стабільності автомобіля. Найчастіше ці несправності виникають через недостатнє змащення, потрапляння бруду,

несвоєчасне ТО або тривале перебування автомобіля в агресивних умовах експлуатації.

Також варто відзначити проблеми, пов'язані з гальмівними шлангами та трубопроводами. Розшарування гумових шлангів, тріщини, протікання або внутрішні руйнування призводять до зниження ефективності гальмування. Такі дефекти зазвичай виникають через старіння матеріалу, різкі коливання температури або механічні пошкодження. У гальмівних барабанних механізмах характерними є тріщини барабанів, ослаблення пружин, знос цапф та заклинювання розтискних кулаків.

Загалом, основними умовами виникнення несправностей є значні термічні навантаження, агресивні режими експлуатації, недотримання регламентів обслуговування, використання неякісних матеріалів та природне старіння компонентів. Виявлення та усунення типових дефектів на ранніх стадіях є ключем до забезпечення безпеки руху та підвищення надійності гальмівних систем вантажних автомобілів.

1.7. Аналіз впливу технічного стану на ефективність і безпеку руху

Технічний стан гальмівної системи вантажного автомобіля є одним із найважливіших чинників, що визначають рівень безпеки дорожнього руху та ефективність експлуатації транспортного засобу. Будь-які відхилення у роботі гальм призводять до збільшення гальмівного шляху, зниження стійкості автомобіля на дорозі та зростання ризику аварійних ситуацій. Справність гальмівних механізмів напряму впливає на можливість водія своєчасно реагувати на зміну дорожніх умов, уникати зіткнень та забезпечувати контроль над транспортним засобом у складних експлуатаційних режимах, особливо при русі з вантажем або на спусках.

Одним із ключових аспектів впливу технічного стану на ефективність гальмування є рівномірність розподілу гальмівних сил між осями та колесами. Нерівномірне гальмування спричиняє відведення автомобіля від

прямолінійного руху, що значно ускладнює керування та підвищує ризик заносу або перекидання, особливо на слизькому покритті. Знос колодок, деформація дисків, несправності супортів чи барабанних механізмів призводять до появи вібрацій та пульсацій у педалі гальма, що свідчить про небезпечний стан системи. Порушення герметичності приводів, низький тиск у пневмосистемі або заклинювання елементів знижують точність дозування гальмівного зусилля, що негативно позначається на стабільності руху.

Технічні дефекти електронних систем керування – ABS, EBS, ASR – також суттєво впливають на загальний рівень безпеки. Відмова датчика швидкості колеса, пошкодження кабельної мережі або порушення роботи електронного блока призводять до втрати антиблокувальних та стабілізуючих функцій. У таких випадках під час інтенсивного гальмування колеса можуть блокуватися, що зменшує коефіцієнт зчеплення з дорогою та збільшує гальмівний шлях. При виході з ладу EBS порушується розподіл гальмівних зусиль між осями, що особливо небезпечно для автопоїздів та вантажних транспортних засобів із великим навантаженням на задню вісь.

Окремого значення набуває вплив технічного стану на теплову стабільність гальмівної системи. Унаслідок перегріву дисків або барабанів може виникати «фейдінг» – різке падіння коефіцієнта тертя між колодкою та робочою поверхнею. Це явище характерне для довготривалого гальмування на спусках і особливо небезпечно для вантажівок, що працюють у гірських районах. Перегрів також призводить до зміни геометрії гальмівних дисків, утворення тріщин, руйнування накладок та втрати механічної міцності компонентів, що ще більше погіршує ефективність гальмування.

Таким чином, технічний стан гальмівної системи є визначальним фактором безпечного та ефективного функціонування вантажних автомобілів. Своєчасна діагностика, контроль параметрів роботи, регулярне технічне обслуговування та застосування якісних комплектуючих дозволяють знизити ризик аварійних ситуацій, забезпечити стабільність руху та підвищити загальний рівень експлуатаційної надійності транспортних засобів.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

2.1. Параметри, що характеризують технічний стан гальмівних систем

Технічний стан гальмівної системи вантажного автомобіля оцінюється за низкою параметрів, що визначають ефективність її роботи, стабільність дії гальм та безпеку руху. Найбільш важливим показником є гальмівна сила, яку створює кожне колесо. Її величина та рівномірність між лівою й правою сторонами безпосередньо впливають на стійкість автомобіля при гальмуванні. Нерівномірність гальмівних сил свідчить про наявність дефектів гальмівних механізмів, неправильне регулювання або знос елементів, що може призводити до відведення автомобіля в бік та збільшення ризику втрати керованості.

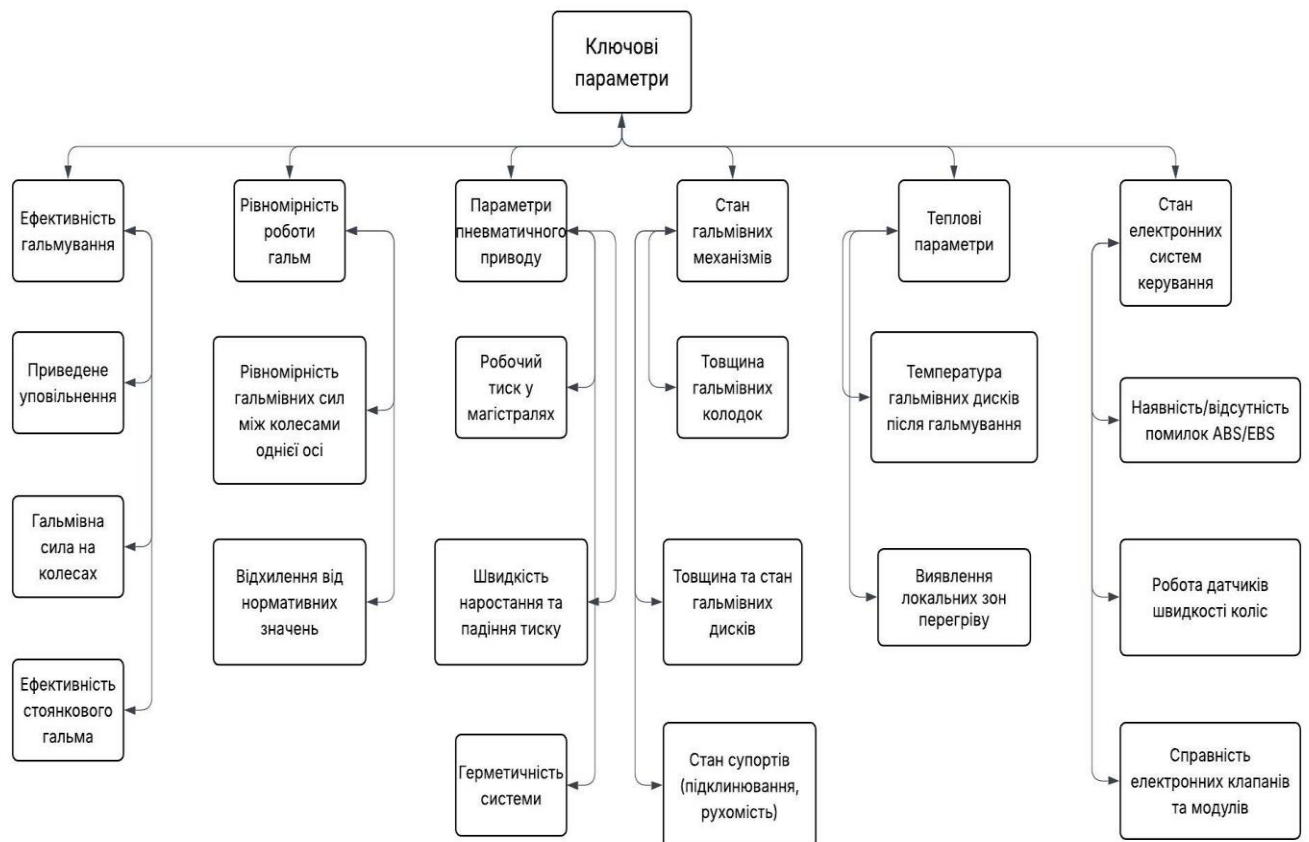


Рис. 2.1. Ключові параметри, що характеризують технічний стан гальмівних систем (джерело: створено автором за допомогою інтернет джерел <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.83-92>)

Іншим важливим параметром є гальмівний шлях – відстань, яку проходить транспортний засіб від моменту натискання педалі до повної зупинки. Він залежить від технічного стану гальмівних механізмів, тиску в пневмосистемі, ефективності роботи ABS/EBS, стану шин та дорожнього покриття. Подовження гальмівного шляху є сигналом про зниження ефективності гальмівної системи та потребу в її діагностиці.

До ключових характеристик також належить час спрацювання гальмівного приводу. У пневматичних системах це час від моменту натиснення педалі до створення потрібного тиску в гальмівних камерах. Навіть невелике збільшення цього показника може свідчити про витоки повітря, засмічення фільтрів, несправності клапанів або погіршення роботи компресора. Чим більший час спрацювання, тим більше затримка реакції транспортного засобу на дії водія, що знижує рівень безпеки.

До параметрів технічного стану відносять і величину тиску в пневмосистемі та стабільність його підтримання. Робочий тиск є визначальним для створення необхідної гальмівної сили, тому його падіння призводить до часткової або повної втрати ефективності гальмування. Порушення стабільності тиску може бути наслідком негерметичності, зносу клапанів або несправності регулятора.

Стан гальмівних механізмів характеризується також товщиною гальмівних накладок та дисків. Ці параметри визначають залишковий ресурс вузлів та дозволяють оцінити рівень зносу. Граничне зменшення товщини накладок може спричинити перегрів, руйнування або відшарування фрикційного матеріалу, тоді як надмірне зменшення товщини диска призводить до втрати міцності та появи тріщин.

Не менш важливим є параметр нагріву гальмівних механізмів. Підвищені температури свідчать про перевантаження системи або заклинювання її елементів. У сучасних вантажівках перегрів може визначатися за допомогою датчиків або тепловізійного контролю, що дозволяє виявляти приховані

несправності. Перегрів часто призводить до зниження коефіцієнта тертя, деформації дисків та прискореного зносу колодок.

Останньою групою показників є параметри роботи електронних систем: справність датчиків ABS, стабільність сигналів, відсутність помилок у блоках EBS, синхронність роботи гальмівних контурів. Порушення у функціонуванні електронних компонентів не лише знижує ефективність гальмування, але й позбавляє автомобіль важливих систем безпеки.

Таким чином, технічний стан гальмівної системи характеризується комплексом параметрів, що охоплюють механічну, пневматичну та електронну складові. Їх аналіз дозволяє своєчасно виявляти несправності, прогнозувати ресурс елементів та забезпечувати високий рівень безпеки руху вантажних автомобілів.

2.2. Огляд методів діагностування гальмівних систем

Діагностика гальмівних систем вантажних автомобілів є дуже важливим етапом забезпечення їхньої надійності та безпеки руху. Сучасні методи діагностування охоплюють широкий спектр процедур: від візуального огляду до застосування високотехнологічних стендових та комп'ютеризованих засобів контролю [3]. Кожен із методів дає можливість оцінити технічний стан певних елементів системи та виявити несправності на ранніх стадіях їх розвитку.

Одним із базових і найбільш поширених способів діагностики є візуально-інструментальний огляд. Він передбачає перевірку стану гальмівних колодок, дисків, барабанів, супортів, гальмівних камер, шлангів і з'єднань. Під час огляду оцінюють товщину фрикційних накладок, наявність тріщин, слідів перегріву, витоків повітря чи рідини, корозійних пошкоджень, а також правильність ходу та положення важелів і тягових елементів приводу. Цей метод дозволяє швидко виявити зовнішні дефекти, які впливають на працездатність системи, однак не завжди дає уявлення про її внутрішній технічний стан.

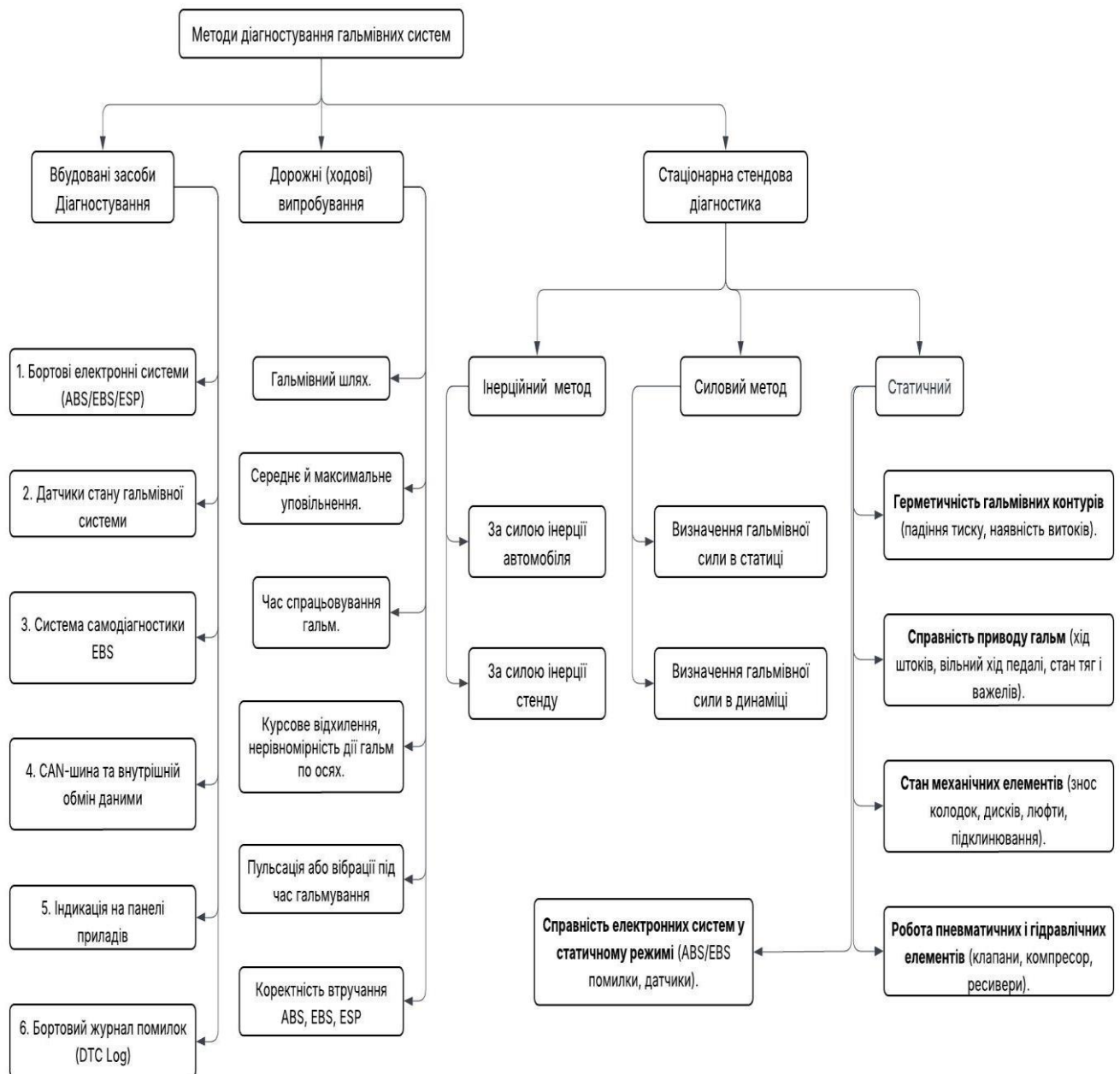


Рис.2.2. Блок-схема класифікації методів контролю гальмівних систем автомобілів (джерело: створено автором за допомогою інтернет джерел <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.83-92>)

Стендова діагностика є основним інструментом для оцінки ефективності гальмівної системи у динаміці. Застосування роликівих випробувальних стендів дозволяє вимірювати гальмівну силу на кожному колесі, оцінювати рівномірність гальмування, визначити дисбаланс гальмівних зусиль та стан гальмівних механізмів. Також стенди дають змогу визначити коефіцієнт зчеплення між колесом та роликом, час спрацювання приводу, функціонування ABS та момент блокування коліс. Стендове випробування є обов'язковим під

час технічних оглядів і забезпечує комплексну оцінку загальної ефективності гальм.

Методи пневматичної діагностики дозволяють перевірити стан приводу гальм. До них відносять вимірювання тиску в різних зонах системи, перевірку герметичності магістралей, аналіз роботи компресора, регулятора тиску та повітророзподільних клапанів. За допомогою манометрів та спеціальних тестерів визначають швидкість падіння тиску, що свідчить про витoki або несправності клапанних елементів. Ці методи є незамінними для вантажних автомобілів, оскільки саме пневмопривід є основою їхніх робочих гальмівних систем.

Електронна діагностика, яка здійснюється за допомогою сканерів та діагностичних програм, дозволяє оцінити стан систем ABS, EBS, ASR та інших електронних модулів гальмівної системи. Сканери зчитують коди помилок, аналізують сигнали датчиків швидкості коліс, тиск у контурах, роботу електромагнітних клапанів та відповідність їхніх реакцій командним сигналам. Завдяки цьому можна виявити несправності, які не проявляються під час візуального чи механічного огляду, але впливають на стабільність та безпеку руху.

До спеціалізованих сучасних методів діагностики належать тепловізійний контроль та відеоінспекція. Тепловізійний аналіз дозволяє визначати перегрів окремих гальмівних механізмів, що може свідчити про підклинювання супорта або надмірне тертя. Відеоінспекція за допомогою ендоскопів дає можливість оглядати важкодоступні ділянки механізмів, виявляти внутрішні дефекти або забруднення.

Таким чином, комплексна діагностика гальмівних систем включає поєднання візуальних, механічних, стендових, пневматичних та електронних методів контролю. Використання широкого спектра діагностичних процедур дозволяє забезпечити точне визначення технічного стану гальмівних систем, своєчасне виявлення несправностей і запобігання аварійним ситуаціям, що

особливо важливо у випадку експлуатації вантажних автомобілів із великими масами та високими навантаженнями.

2.3. Огляд обладнання для діагностики гальм вантажних автомобілів

Обладнання для діагностики гальмівних систем вантажних автомобілів включає різноманітні стенди, сканери, манометри й інструменти, які дозволяють комплексно оцінити технічний стан гальмового приводу. Одним з ключових елементів є роликовий гальмівний стенд – це спеціальне випробувальне обладнання, яке дозволяє вимірювати гальмівні сили колес під навантаженням. Наприклад, стенд HF 13/30 від Energotest може витримувати навантаження до 13 тонн на вісь і має можливість вимірювання загальної та питомої гальмівної сили, часу спрацювання й дисбалансу між колесами. Такі стенди часто встановлюються на техконтрольних лініях автоцентрів або сервісних станціях, оскільки дозволяють провести реальні динамічні випробування системи без необхідності руху автомобіля.


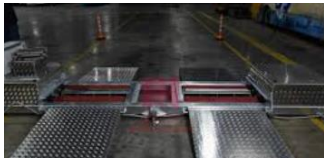

Ще один варіант – стенд HF-BD/W 18/40, який має більшу вантажопідйомність (до 18 тонн на вісь) і широкий діапазон вимірювань гальмівних сил (до 40 кН). Такий стенд оснащений датчиками, комп'ютерним модулем управління, пультом дистанційного керування та програмним забезпеченням для автоматичного розрахунку значущих показників гальмування. З його допомогою можна отримати докладні протоколи випробувань, що є важливим для технічних оглядів і сертифікацій.




Для навчальних або лабораторних цілей застосовуються також спеціальні стенди. Наприклад, лабораторний стенд гідравлічної гальмівної системи з ABS дозволяє моделювати роботу блоків ABS, манометрів гальмівних циліндрів, вакуумного підсилювача, а також вимірювати силу, прикладену до педалі, використовуючи динамометр. Це обладнання незамінне для освітніх закладів або сервісів, які хочуть глибше зрозуміти поведінку електронних гальмівних систем під час навчання або діагностики.

Ще одне важливе обладнання – це портативні або стаціонарні діагностичні сканери для електронних систем ABS/EBS. Наприклад, спеціалізована лінійка тестерів від EBS.co.uk включає SensorMaster, який призначений для перевірки датчиків ABS / EBS, вимірювання їхніх електричних характеристик, а також аналіз стану кільця збудження (exciter ring). Такі пристрої дають змогу швидко і точно виявляти несправності в датчиках, ударні зазори або дефекти кільця, не знімаючи супорт. Також є тестери, що перевіряють потенціометр або стан гальмівних колодок / дисків за їх зносом. Основне обладнання необхідне для діагностики гальмівної системи наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Обладнання для діагностики гальмівних систем автомобілів та причепів.

| № | Назва обладнання | Загальний вигляд | Модель | Призначення | Характеристика |
|---|--|---|-------------------------|--|--|
| 1 | Роликові (роликово-валкові) гальмівні стенди |  | МАНА МВТ-7250 | Вимірювання гальмівної сили по кожному колесу, оцінка нерівномірності, приведеного уповільнення, перевірка стоянкового гальма. | Вантажопідйомність осі 6–18 т, діапазон вимірювань сили 0–40 kN, точність $\pm 1-3\%$ |
| | |  | Sherpa BPS-Mobil | | |
| | |  | Energotest HF-BD/W | | |
| 2 | Стенди для перевірки супортів / циліндрів / стоянкового гальма |  | MSG MS300 / MS301 | Перевірка герметичності і ходу поршня супорта, робочого ходу циліндрів, випробування електромеханічних ручних гальм. | Робочий тиск до 35 bar (пнеumo/гідро), вимір ходу поршня з точністю 0.1 мм, стенди з індикацією витоків. |

| | | | | | |
|---|--|--|---------------|---|--|
| 3 | Пневматичні тестери і манометри (компресор) |  | Gross | Швидка діагностика пневмосистеми вантажівки: тиск у ресиверах, тест герметичності (Leak Test), перевірка часу набору тиску. | 0–16 bar (типово для вантажних авто), точність 0.1 bar. |
| 4 | Діагностичні сканери та програмні комплекси (електронна діагностика) |  | Delphi DS150E | Зчитування DTC, Live-Data ABS/EBS/ESP, тестування модуляторів, калібрування. | Підтримка CAN/J1939, запис логів, тест виконуючих елементів, база даних по маркам |
| 5 | Осцилографи та мультиметри (для електродіагностики) |  | FNIRSI 2C53P | Аналіз сигналів датчиків швидкості ABS, перевірка синхронності імпульсів, виявлення перешкод. | Частота дискретизації ≥ 100 kS/s, кількість каналів 2–4, опції запису/експорту. |

Крім того, для оцінки тиску в пневматичних контурах використовуються манометри та тестери тиску повітря. Вони дозволяють діагностувати витoki, перевірити роботу компресора й клапанів, а також оцінити час падіння тиску при тесті герметичності. Це особливо важливо для вантажних автомобілів, у яких гальмівний привід сильно залежить від стабільного тиску повітря.

Не можна також оминати візуальне та термодіагностичне обладнання: зростаючою популярністю користуються тепловізори, що дозволяють вимірювати температуру гальмівних дисків після серії гальмувань та виявляти перегрів, нерівномірний нагрів або ознаки підклинювання супортів. Такі термоконтролі допомагають виявляти приховані дефекти, які не видно при візуальному огляді, але можуть мати безпосередній вплив на безпеку та ресурс гальмівної системи.

Таким чином, сучасне діагностичне обладнання для гальмівних систем вантажних автомобілів – це комплекс високоточних приладів, який включає силові стенди, лабораторні модулі, електронні тестери та тепловізійні засоби.


Використання такого обладнання дозволяє не лише ефективно виявляти несправності, але й вести прогноз поточного технічного стану, що підвищує безпеку руху й надійність роботи автомобіля.

2.4. Розробка комплексної методики діагностики гальмівної системи вантажних автомобілів

Передусім діагностика починається з підготовчого етапу: автомобіль виводиться на рівну площадку, відключаються додаткові споживачі, перевіряється рівень робочих рідин і стан шин, фіксуються загальні технічні дані (марка, модифікація, пройдені км, останні ТО). На цьому етапі виконується візуально-механічний огляд: оцінюється товщина гальмівних накладок, зовнішній стан дисків і барабанів, наявність тріщин або задирів, корозійні ушкодження супортів і напрямних, герметичність пневматичних магістралей та стан з'єднань. Візуальний огляд дозволяє відсіяти явні дефекти та визначити перелік подальших інструментальних перевірок; усі виявлені ознаки заносяться до протоколу і фотографуються для додатків. Для перевірки стану та подальшого ремонту гальмівної системи використовують інструменти наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Інструмент для ремонту і обслуговування гальмівної системи

| № | Загальний вигляд | Назва | Призначення |
|----|---|---|---|
| 1. |  | Набори гайкових і торцевих ключів, тріскачки, викрутки, затискачі, і.д. | Використовуються для розбирання та збирання гальмівних вузлів, зняття супортів, кріплень гальмівних дисків, колодок, направляючих. Забезпечують доступ до різьбових з'єднань різних типорозмірів. |

| | | | |
|----|---|--|--|
| 2. |  | Моментний ключ | Призначений для затягування гальмівних деталей із точним моментом |
| 3. |  | Ударні пневматичні гайковерти | Застосовуються для швидкого зняття коліс, барабанів і важкодоступних “прикипілих” болтів. Особливо актуально для вантажних авто, де зусилля затягування дуже великі (800–1600 Н·м). |
| 4. |  | Інструмент для проточки гальмівних дисків | Призначений для: відновлення робочої поверхні диска, усунення биття, овальності, канавок, отримання рівномірної товщини перед установкою нових колодок. Дозволяє подовжити ресурс диска та забезпечує стабільне гальмування. |
| 5. |  | Домкрати вантажні (20–50 тонн). | Використовуються для підняття важких вантажних автомобілів під час ремонту гальм |
| 6. |  | Індикатор годинниковий (биття диска, рівність поверхні). | Застосовується для вимірювання: радіального та осьового биття гальмівного диска, нерівностей поверхні, точності посадки диска на ступицю. Дозволяє виявити причини вібрацій та нерівномірного гальмування. |

| | | | |
|----|---|----------------------|---|
| 7. |  | Тестери датчиків ABS | Призначені для: перевірки справності індуктивних та магніторезистивних датчиків, вимірювання амплітуди сигналу, частоти й цілісності проводки, виявлення збоїв у роботі системи ABS/EBS. Важливо для вантажних авто, де ABS/EBS впливають на розподіл гальмівних сил. |
| 8. |  | Набір монтажок | Використовується для: зняття та встановлення гальмівних колодок, підважування супорта або барабана, демонтажу пружин і стопорних елементів, роботи з прикипілими деталями. Незамінний при механічній частині ремонту гальм. |

Наступним кроком проводиться перевірка пневматичного приводу: вимірюється робочий тиск у ресиверах, перевіряється час набору тиску компресором, виконується тест утримання тиску (Leak Test) – фіксується швидкість падіння тиску при відключеному компресорі, тестуються осушувач і автоматичні клапани. Паралельно вимірюють тиск на виході модуляторів у статичних і динамічних режимах, щоб виявити засмічення або люфт клапанів. Значення тиску порівнюють з нормативними діапазонами виробника; відхилення, що перевищують допустимі межі, вказують на необхідність ремонту пневмосистеми або заміни компонентів.

Після перевірки пневматики переходять до стендових випробувань на роликовому стенді. На стенді вимірюють гальмівні сили на кожному колесі, приведені до уповільнення автомобіля, нерівномірність між лівою та правою сторонами, час спрацювання і спроможність стоянкового гальма. Отримані значення порівнюють із нормативами (наприклад, нерівномірність передньої осі $\leq 25\%$, задньої $\leq 30\%$, приведені до уповільнення $\geq 5,0$ м/с² для певних

категорій), і у разі перевищення нормативів формулюють діагноз та перелік ремонтних робіт.

Паралельно з стендовими вимірюваннями здійснюється електронна діагностика. Підключаючи діагностичний сканер до шини автомобіля, зчитують коди помилок блоків ABS/EBS/ESP, аналізують сигнали датчиків частоти обертання коліс, записують графіки зміни тиску та часу реакції модуляторів. Особливу увагу приділяють повторюваним або інтермітуючим помилкам, синхронності показань між осями та коректності даних датчиків навантаження на вісь.

Тепловізійний контроль і вимірювання температури гальмівних дисків після серії гальмувань дають інформацію про рівномірність навантаження та наявність заклинювання супортів. Рівномірний нагрів двох коліс однієї осі свідчить про правильну роботу, а значна різниця температур ($>20-30$ °C) є індикацією підклинювання або проблем з подачею тиску. Термографічні знімки зберігаються в протоколі та використовуються для підтвердження висновків стендових випробувань.

Для виявлення внутрішніх дефектів та локалізації джерел шуму або вібрації застосовують акустичну та вібраційну діагностику. Аналіз спектра вібрацій при обертанні дозволяє виявити дисбаланс, деформацію дисків або люфт у підшипниках, а акустичний контроль – сторонні звуки, що виникають при роботі супорта чи стиканні колодок. Відеоендоскопія дає змогу оглянути важкодоступні компоненти без демонтажу, виявляючи внутрішні пошкодження або наявність сторонніх предметів.

Після завершення вимірювань усі дані піддаються порівняльному та статистичному аналізу. Результати стендових випробувань, показники тиску, графіки сигналів EBS та тепловізійні знімки інтегруються в єдиний протокол діагностики. На підставі аналітичних висновків складається рекомендація: експлуатація без втручань, профілактичне ТО (зазори, мастило направляючих), капітальний ремонт або негайне виведення з експлуатації у разі граничних відхилень.

Заключний блок методики – оформлення результатів і документування. Протокол повинен містити повний перелік перевірок, параметри до і після втручань, фотографії, тепловізійні знімки та коди помилок. До протоколу додається технічний висновок із чіткими рекомендаціями та пріоритетами робіт, розрахунком орієнтовних витрат і очікуваним ефектом (покращення приведенного уповільнення, зменшення нерівномірності тощо). Регламенти інтервалів контролю встановлюють залежно від класу експлуатації: для магістральних тягачів рекомендується щомісячний базовий огляд, стендова перевірка при ТО-2 або кожні 40–80 тис. км, а раптові (не планові) перевірки (пневмосистема, електроніка) – при появі перших симптомів або після серйозних навантажень (довгі гірські маршрути).

Особливу увагу слід приділити питанням безпеки при діагностиці: усі роботи виконуються на загальмованому автомобілі з фіксацією коліс, живлення електроніки – через захищені діагностичні інтерфейси, а робота з тепловими приладами і стендами – відповідно до інструкцій виробника обладнання. Дотримання послідовності перевірок, використання сертифікованого обладнання та ведення детальної документації дозволяють не лише своєчасно виявляти несправності, а й прогнозувати їхній розвиток, підвищуючи загальну надійність та безпеку гальмівної системи вантажного автомобіля.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ MAN TGX ТА DAF XF

3.1. Призначення обсягів ремонтно-обслуговуючих робіт між ремонтними підприємствами і пересувними засобами господарства

Призначення обсягів ремонтно-обслуговуючих робіт між ремонтними підприємствами і пересувними засобами господарства є одним з важливих аспектів. Проаналізувавши всі фактори, виконано розрахунки та побудовано статистичні діаграми і призначено обсяг робіт. Ознайомитись з призначенням обсягів ремонтно-обслуговуючих робіт між ремонтними підприємствами і пересувними засобами господарства можна на рисунку 3.1. та дод.А1

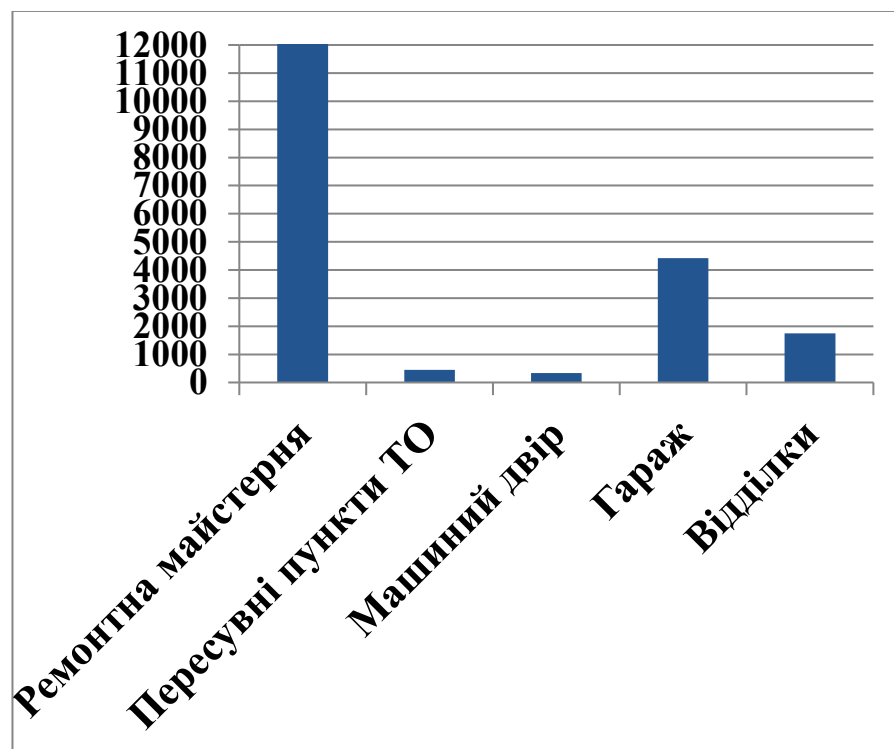


Рис.3.1. Призначення обсягів ремонтно-обслуговуючих робіт між ремонтними підприємствами і пересувними засобами підприємства

Результати розрахунків наведені в додатку А1. Як впливає із наведених даних, із загального річного обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт, що складають 20561,33 люд.-год., планується виконати на спеціалізованих

ремонтних підприємствах роботи в обсязі – 7123,5 люд.-год., в РМ – 12279,03 люд.-год., в бригадних ремонтних майстернях – 1117,6 люд.-год. За допомогою пересувних ремонтних майстерень – 41,2 люд.-год.

На спеціалізованих ремонтних підприємствах передбачається виконання більш складних і трудомістких робіт (капітальний ремонт тракторів, автомобілів і складних сільськогосподарських машин, капітальний ремонт агрегатів для потреб поточного ремонту і технічного обслуговування з енергонасичених машин).

В умовах центральної ремонтної майстерні передбачається проводити поточний ремонт повно комплектної техніки, технічне обслуговування тракторів (крім енергонасичених), технічне обслуговування, сезонне технічне обслуговування при зберіганні.

Для усунення відмов машин в польових умовах використовуються пересувні ремонтні майстерні. В результаті такого розподілу в господарстві будуть створені необхідні умови для забезпечення працездатності машинно-тракторного парку, при мінімальних затратах матеріальних і трудових ресурсів з урахуванням ефективного використання всієї ремонтно-обслуговуючої бази [1].

Загальнорічна трудомісткість робіт по ремонту і технічному обслуговуванню машинно-тракторного парку в центральній майстерні становить 12279,03 люд.-год. На протязі року в майстерні потрібно виконати додаткових робіт: Відновлення і виготовлення деталей – 1312,0 люд.-год.; Ремонт, виготовлення обладнання і інструменту – 787,0 люд.-год.; Інші (не враховані) роботи – 2623,0 люд.-год.; Загальна трудомісткість робіт, виконуваних в центральній ремонтній майстерні, становить 205561,33 люд.-год.

3.2. Розробка плану випробувань на надійність

Розробка плану випробувань на надійність є важливим етапом дослідження технічного стану гальмівних систем, оскільки саме цей документ

визначає, які параметри аналізуються, у яких умовах та за допомогою яких методів. План дозволяє структурувати процес досліджень, забезпечує послідовність проведення випробувань та дає можливість отримати об'єктивні, порівнювані результати. У випадку гальмівних систем вантажних автомобілів, де надійність безпосередньо пов'язана з безпекою руху, правильне планування випробувань набуває особливої актуальності.

Мова у розробці плану йде про визначення набору експлуатаційних і стендових режимів, які найбільш точно відтворюють реальні умови роботи гальмівних механізмів. Це включає перевірку стабільності гальмівного моменту, стійкості до перегріву, зносу колодок, роботи супортів, пневматичних та електронних елементів системи. План випробувань також встановлює частоту і тривалість тестів, вимоги до обладнання та контрольних приладів, допустимі відхилення й критерії оцінювання. Завдяки цьому дослідження не лише фіксують фактичний стан гальм, а й дозволяють прогнозувати їх поведінку в різних умовах експлуатації.

Розроблений план випробувань істотно впливає на якість дослідження, оскільки дозволяє системно оцінити надійність гальмівної системи й виявити слабкі місця, які не завжди проявляються під час звичайної діагностики. Зокрема, такі випробування дають змогу визначити тенденції до погіршення роботи окремих компонентів, своєчасно виявити приховані дефекти та оцінити вплив температурних або навантажувальних факторів.



Рис. 3.1 Схема методики проведення експериментальних досліджень

У кінцевому результаті план випробувань забезпечує наукову обґрунтованість роботи та підвищує достовірність зроблених висновків і рекомендацій, що є ключовим для підвищення надійності та безпеки вантажних автомобілів у реальних умовах.

3.3. Програма і методика експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень була спрямована на визначення фактичного технічного стану гальмівних систем вантажних автомобілів MAN TGX та DAF XF, а також на оцінювання їх працездатності за умов різних експлуатаційних навантажень. Основну увагу приділено вимірюванню ефективності гальмування, рівномірності розподілу гальмівних сил, температурних характеристик гальмівних механізмів, стану гальмівних

супортів, дисків і колодок, а також роботі електронних систем ABS/EBS. Для досягнення цих цілей програма досліджень передбачала послідовне проведення декількох етапів: попередній огляд технічного стану, інструментальне вимірювання на гальмівному стенді, електронну діагностику, тепловізійний контроль та аналіз отриманих даних з подальшим порівнянням результатів між двома моделями автомобілів. На рисунку 3.2. схематично зображено програму і методику дослідження.

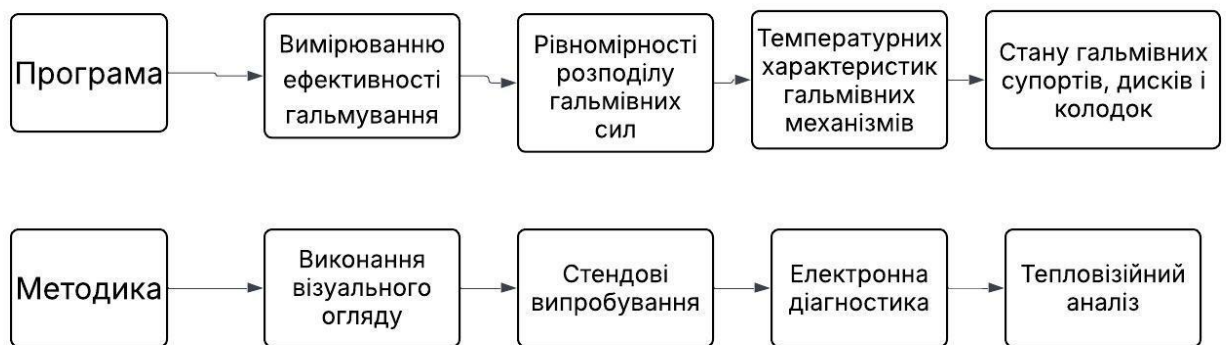


Рис. 3.2 Схематичне зображення програми та методики дослідження гальмівних систем

Методика експериментальних досліджень передбачала початкове виконання візуального огляду гальмівних механізмів, у ході якого оцінювався ступінь зносу колодок, наявність підклинювання супортів, цілісність гальмівних дисків та відсутність витоків робочої рідини. Далі проводилися стендові випробування з використанням роликового гальмівного стенда, який забезпечував вимірювання гальмівного зусилля та рівномірності його розподілу між колесами. Наступним кроком була електронна діагностика, що виконувалась за допомогою професійних сканерів TEXA або Jaltest для зчитування кодів несправностей ABS/EBS, контролю параметрів тиску та коректності роботи електронних модулів. Завершальним етапом став тепловізійний аналіз, який дозволив оцінити тепловий стан дисків після гальмування та виявити локальні перегріву, характерні для підклинювання або нерівномірної роботи механізмів. За результатами всіх проведених вимірювань

було виконано узагальнення отриманих даних та сформовано висновки щодо технічного стану гальмівних систем досліджуваних автомобілів.

3.3.1 Обробка інформації показників надійності

Методика оцінювання зношення гальмівних колодок ґрунтується на аналізі пробігу автомобіля між регламентними технічними обслуговуваннями та фактом проведення заміни колодок у відповідний рік експлуатації. Основним критерієм виступає періодичність заміни, яку визначають як різницю між показниками пробігу перед заміною та пробігом попереднього періоду обслуговування. На основі цих даних формується середня довговічність гальмівних колодок за тривалий період експлуатації та виявляються відхилення, що можуть вказувати на зміни технічного стану гальмівних механізмів, умов експлуатації або стилю водіння.

Аналіз проводиться у кілька етапів. На першому етапі формується масив даних про фактичний пробіг до кожної заміни, після чого визначаються інтервали між замінами. На другому етапі величини інтервалів порівнюються між собою, що дає можливість оцінити стабільність процесу зношення. На третьому етапі усереднюються всі отримані значення та розраховується середній ресурс гальмівних колодок. На заключному етапі проводиться технічна інтерпретація: встановлюються причини підвищеного або зниженого ресурсу та можливі рекомендації щодо оптимізації технічного обслуговування. Інформація отримана під час дослідження зношення гальмівних колодок представлена в дод. А2. Опіраючись на зібрані данні та отриману статистику було створено таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Дослідження інформації про заміну гальмівних колодок (дисків)
вантажівок

| № | Інтервал | Частота m_i | Ймовірність P_i | ΣЙмовірності ΣP_i |
|---|----------|---------------|-------------------|------------------------------|
| 1 | 36748 | 3 | 0,12 | 0,12 |
| 2 | 43636 | 4 | 0,16 | 0,28 |
| 3 | 50524 | 8 | 0,32 | 0,6 |
| 4 | 57412 | 7 | 0,28 | 0,88 |
| 5 | 64300 | 3 | 0,12 | 1 |

Проаналізувавши зібрані данні побудовано гістограму співвідношення ймовірності до пробігу, наведено на рис. 3.2.

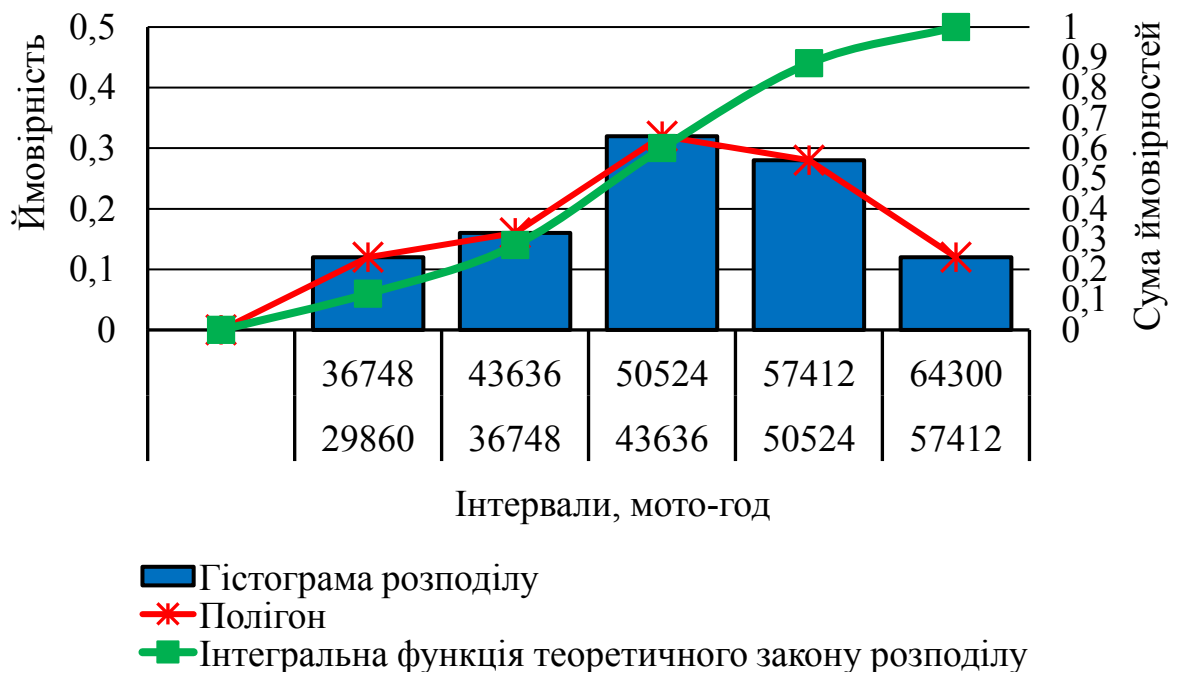


Рис. 3.2. Дослідження інформації про заміну гальмівних колодок (дисків) вантажівок

Дослідження автомобіля MAN TGX демонструють досить рівномірний характер заміни гальмівних колодок упродовж багатьох років експлуатації. Перший період заміни становить 35456 км, що є типовим показником для початкового етапу використання автомобіля, коли адаптація до умов експлуатації та манери керування ще нестабільна. У подальші роки інтервали

заміни стабілізуються в межах 41–58 тис. км, що свідчить про нормальний рівень зношення гальмівних механізмів та відсутність граничних відхилень у роботі системи гальмування. Найбільші інтервали (56–58 тис. км) спостерігаються у періоди 2014–2016 років, що може бути пов'язано з більш сприятливими умовами експлуатації або якісними колодками відповідної партії.

Певні зменшення інтервалів заміни (29–41 тис. км у 2021–2023 рр.) можуть свідчити про зростання навантажень або інтенсивну експлуатацію автомобіля. При цьому відсутність заміни дисків у більшості років вказує на те, що механічна частина гальмівної системи перебувала у доброму стані, а колодки зношувалися переважно рівномірно. Середній ресурс гальмівних колодок для MAN TGX за весь період експлуатації становить приблизно 46–48 тис. км, що відповідає нормам для транспортних засобів цієї категорії.

Аналіз даних тягача DAF XF показує іншу тенденцію. Інтервали заміни значно ширші – від 29 тис. до понад 53 тис. км, що є типовим для гальмівних систем напівпричепів, де інтенсивність гальмування залежить від умов навантаження, типу роботи та стану тягача. Найбільші інтервали (53–56 тис. км) збігаються з роками менш інтенсивних навантажень або роботи на рівних маршрутах. Зменшення інтервалів у 2022–2024 роках до рівня 29–40 тис. км може вказувати на посилений режим роботи або зниження ефективності гальмівних механізмів через знос суміжних компонентів – гальмівних камер, регуляторів або барабанів.

Таблиця 3.2

Результат дослідження інформації про заміну гальмівних колодок
(дисків) вантажівок

| |
|----------------------|
| $t_{3M} = 26416$ |
| $t_{сер} = 47906,56$ |
| $\sigma = 8107,97$ |
| $v = 0,38$ |

Узагальнюючи дані, можна зробити висновок, що гальмівна система MAN TGX демонструє стабільний характер зношення з передбачуваною періодичністю заміни. У той час для тягачів DAF XF характерні більші коливання ресурсу, що цілком відповідає специфіці експлуатації причепів. Розраховані значення дозволяють сформувати графік планових замін та оптимізувати технічне обслуговування, зменшуючи ризики перевантаження гальмівних механізмів і підвищуючи безпеку руху.

3.4. Результати візуального огляду

В процесі візуального огляду було втявлено технічні несправності з незначним відхиленням показників від норми. Встановлено, що деякі вузли мали майже не дієздатний технічний стан, прийнято рішення про проведення технічного обслуговування і за необхідності або не доцільності ремонту замінити зношені деталі. Інформацію стосовно візуального огляду наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

Результат візуального огляду гальмівної системи автомобілів MAN TGX та DAF XF

| № | Параметри | MAN TGX | DAF XF |
|----|-----------------------------|---|--|
| 1. | Товщина гальмівних накладок | 10–12 мм (норма ≥ 5 мм). | 7–8 мм (знос ближче до граничного). |
| 2. | Стан дисків | невелике радіальне побиття, без тріщин. | невелике радіальне побиття, без тріщин. |
| 3. | Пневмокамери | герметичні. | герметичні. |
| 4. | Стан супортів | у нормі | На передній осі виявлено легке підclinювання направляючої супорта. |
| 5. | Сліди перегріву | не виявлено | Диск лівого заднього колеса має сліди перегріву (потемніння). |

Висновок:

Стан MAN TGX кращий, система зношена меншою мірою. У DAF XF наявні початкові ознаки заclinювання та перегріву.

3.5. Узагальнення результатів досліджень гальм

У результаті проведених досліджень технічного стану гальмівної системи вантажного автомобіля MAN TGX встановлено, що всі основні елементи працюють у штатному режимі, без відхилень від нормативних параметрів. Система демонструє стабільну роботу електронних компонентів, а аналіз тиску, температурних показників та розподілу гальмівних сил підтвердив мінімальний рівень нерівномірності. Жодних ознак зниження ефективності, підклинювання гальмівних механізмів чи нестабільної роботи виконавчих елементів не виявлено, що свідчить про їх добрий технічний стан і належне технічне обслуговування.

На відміну від MAN TGX, для автомобіля DAF XF результати діагностики виявили низку відхилень, які можуть негативно впливати на безпеку та ефективність гальмування. Зафіксовано часткове підклинювання супорта передньої осі, що призводить до нерівномірного розподілу зусиль та локального перегріву одного з гальмівних дисків. Електронна система EBS виявила помилки, пов'язані з роботою гальмівних контурів, а також зареєстровано падіння тиску, показники якого наближені до нижньої межі допустимих норм. Комплекс цих факторів свідчить про зниження загальної ефективності гальмівної системи та необхідність проведення регулювання або ремонту.

РОЗДІЛ 4. Удосконалення комплексу пристосувань для ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів та причепів

4.1 Класифікація пристосувань для ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів та причепів

Класифікація пристосувань для ремонту гальмівних систем полягає в тому, що кожен пристрій виконує специфічну функцію й відноситься до окремої групи обладнання. Стенд для зрізання гальмівних накладок належить до технологічних установок демонтажного типу. Він призначений для безпечного видалення зношених фрикційних накладок, зберігаючи при цьому геометрію та цілісність металевої основи колодки. Завдяки цьому процес демонтажу стає контрольованим, передбачуваним та виключає пошкодження базових поверхонь.

Пристрій для свердління гальмівних колодок відноситься до обладнання формувального типу, оскільки забезпечує створення точних отворів під заклепки, болти або інші типи з'єднань. Точність виконання цієї операції визначає правильність посадки накладки, рівномірність притискання та відсутність зміщення під час роботи гальмівної системи. Свердлильний пристрій забезпечує повторюваність розмірів і геометрії, що є одним із ключових факторів якості ремонту.

Пристрій для контролю точності закріплення гальмівної накладки виконує функцію перевірки якості зібраної колодки та належить до групи вимірювального обладнання. За його допомогою перевіряється правильність положення накладки, співвісність отворів, дотримання параметрів притискання та відсутність перекосу. Контрольний етап є завершальним у технологічному процесі й дозволяє виявити можливі дефекти перед встановленням колодки на транспортний засіб. Використання такого обладнання мінімізує ризик передчасного виходу колодки з ладу та забезпечує безпечну експлуатацію

вантажного автомобіля. Детальну класифікацію пристосування наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Класифікація пристосувань для ремонту гальмівних систем вантажних автомобілів та причепів

| № | Класифікація | Стенд для зрізання гальмівних накладок | Пристрою для свердління колодок | Пристрій для контролю |
|----|---|---|---|--|
| 1. | За функціональним призначенням | Обладнання для демонтажу й видалення зношених елементів | Обладнання для формування та відновлення посадочних місць | Обладнання для контролю якості ремонту |
| 2. | За ступенем автоматизації | Механізоване обладнання | Механізоване обладнання | Ручне/напівавтоматичне обладнання |
| 3. | За конструктивною складністю | Складні агрегати | Середньої складності | Прості пристрої |
| 4. | За видом виконуваних технологічних операцій | Усувальні операції | Формувальні операції | Контрольні операції |
| 5. | За типом оброблюваного матеріалу | Фрикційний матеріал | Металева основа колодки | Комбіновані елементи |
| 6. | За способом встановлення деталі | Фіксація колодки у жорсткому положенні | Фіксація колодки у жорсткому положенні | Базування по контрольних площинах |
| 7. | За рівнем точності виконання операцій | Грубі операції | Середньоточної обробки | Високоточного контролю |

Отже, класифікація обладнання для ремонту гальмівних колодок дозволяє систематизувати технологічний процес та визначити роль кожного пристрою в загальній структурі відновлення гальмівних елементів. Стенд для зрізання накладок, пристрій для свердління та контрольний пристрій утворюють логічно взаємопов'язаний комплекс, який забезпечує послідовне виконання демонтажних, формувальних і контрольних операцій. Використання цього обладнання підвищує точність ремонту, мінімізує ймовірність технічних помилок і сприяє підвищенню загальної надійності гальмівної системи автомобіля.

4.1.1 Розробка конструкції станда для зрізання гальмівних накладок

Розроблено конструкцію станда для зрізання гальмівних накладок з колодок. Стенд призначений для зрізання гальмівних накладок з передніх і задніх колодок автомобілів і причепів з барабанными гальмами .

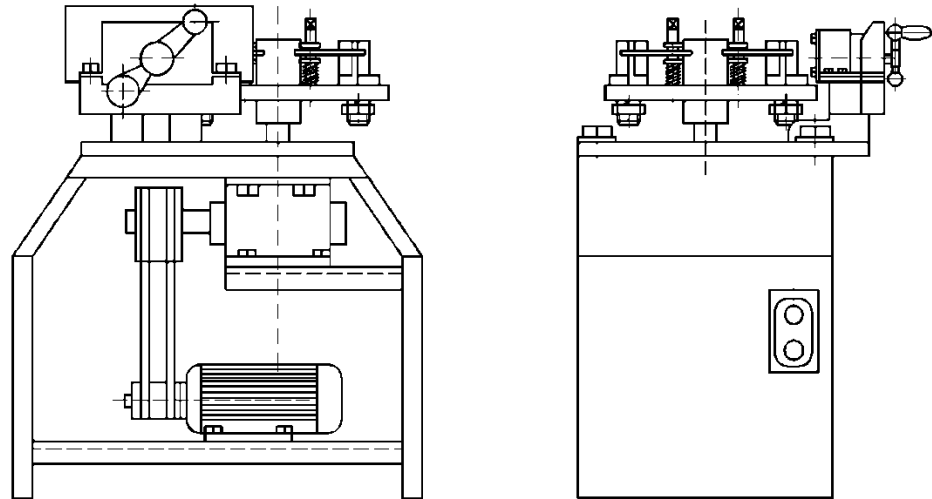


Рис. 4.1. Стенд для зрізання гальмівних накладок з колодок, модель 70-7826-1528.

На рамі 1 станду (рис. 4.1) встановлений електродвигун 2, від якого через клинопасову передачу і редуктор 3 обертання передається на планшайбу 5.

Супорт 4 зварної конструкції з що переміщаються по пазах салазками вмонтовуються на верхній плиті. Переміщення рейок і подача ножа здійснюється за допомогою гвинта і гайки. В електроустаткуванні 6 станду входить пускова станція, автоматичний вимикач і електродвигун.

На планшайбу встановлюються на упори і пальці дві колодки з накладками, підводиться ніж до поверхні, що зрізається.

Щоб зрізати гальмівні накладки, колодки встановлюють на палець планшайби і закріплюють додатково насадками. Потім підводять ніж супорта до накладки і включають двигун. Основна ехнічна характеристика станда наведена в таблиці 4.2

Таблиця 4.2.

Технічна характеристика стенд для зрізання гальмівних накладок з колодок

| Найменування показника | Значення показника |
|------------------------------------|--------------------|
| Тип стенду | стаціонарний |
| Частота обертання планшайби, об/хв | 12,7 |
| Електродвигун: | |
| Тип: | АО2-41 |
| Потужність, кВт | 4 |
| Частота обертання валу, об/хв | 1500 |
| Редуктор: | |
| Тип | 4Г (25-40-5) |
| Передавальне число редуктора | 51. |

4.1.2. Розробка конструкції пристрою для свердління

Для свердлильної операції розроблено конструкцію спеціального пристрою. Загальний вигляд пристрою представлено на рисунку 4.3, а його складальне креслення в графічній частині роботи.

Пристрій складається із основи 8, на якій кріпиться вертикальний кронштейн. Деталь встановлюється на горизонтальний палець 17, що в свою чергу встановлено через втулку 17 у вертикальному кронштейні. Збоку деталь притискується за допомогою пневмоциліндра і двох підпружинених упорів до опор, закріплених на протилежній стороні кронштейна. Затиск гальмівної колодки здійснюється вертикальним упором 9 за допомогою пневмоциліндра.

Основа пристрою базується за допомогою шпонок на столі вертикально-свердлильного верстату і кріпиться болтами, які вставляються у Т-подібні пази стола верстату.

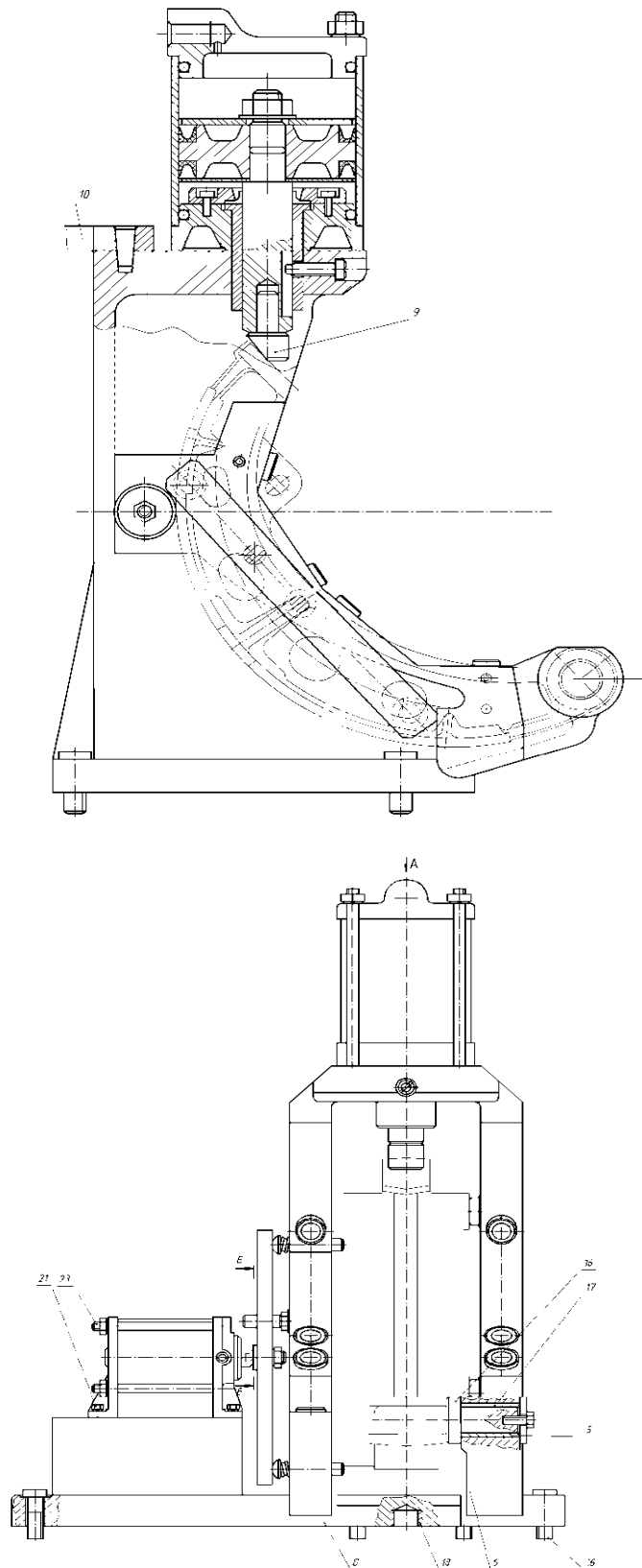


Рис. 4.2. Конструкція пристрою для свердління гальмівних колодок.

Обладнання для свердління гальмівних колодок дуже оптимізує і полегшить процес ремонту авто. Дана розробка є невідомою складовою під час ремонту гальмівної системи.

4.1.3. Розробка конструкції пристрою для контролю

Для контролю точності закріплення гальмівної накладки на гальмівній колодці розроблено пристрій для контролю. Загальний вид пристрою представлено на рисунку 4.4, а його складальне креслення в графічній частині роботи.

Пристрій складається з корпусу 1, на якому закріплено два упорних кронштейни, в яких закріплюється гальмівна колодка. В задній частині основи закріплено кронштейн для кріплення поворотної стойки з підпружиненим щупом, який проходить по зовнішній поверхні накладки при повертанні його навколо поверхні колодки. Замір відхилення від округлості проводиться за допомогою індикатора годинникового типу 40.

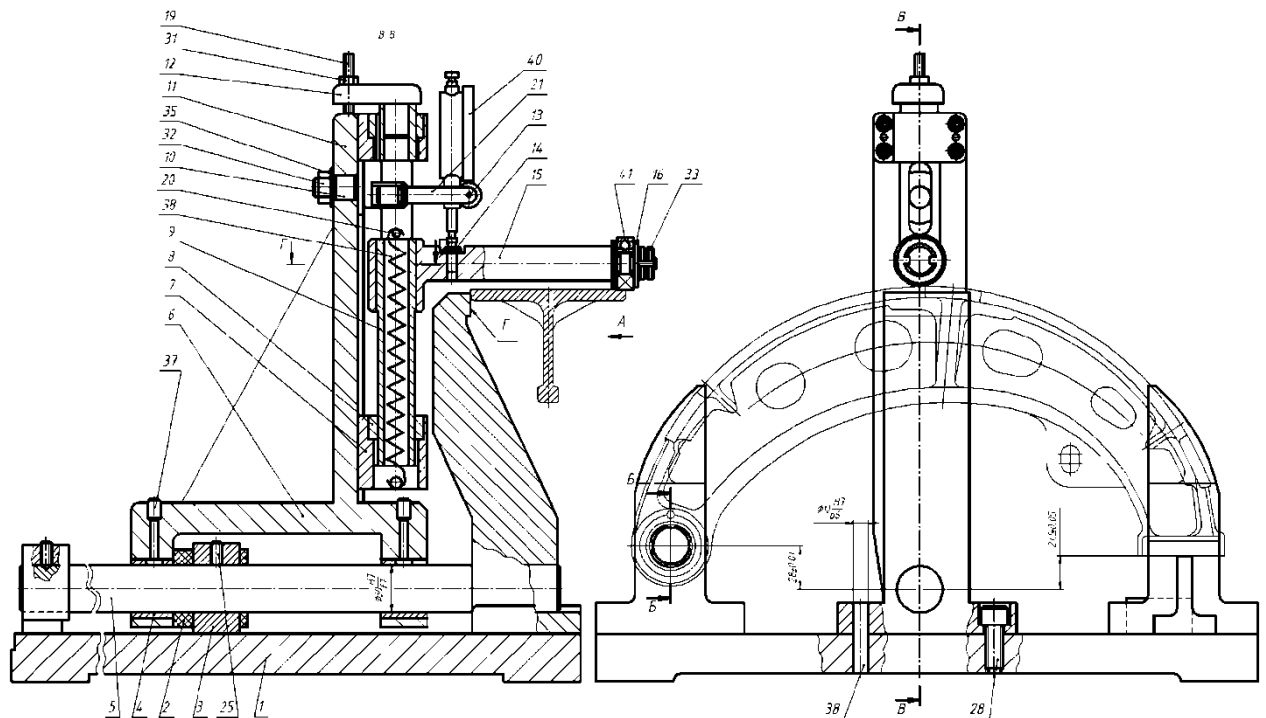


Рис. 4.3. Конструкція пристрою для контролю гальмівних колодок

Розроблені технічні пристрої – система контролю точності закріплення гальмівної накладки, спеціальний пристрій для свердління отворів та стенд для зрізання зношених накладок – забезпечують комплексний підхід до удосконалення технології ремонту гальмівних колодок. Запропонована

конструкція контрольного пристрою дає змогу підвищити точність монтажу накладки, мінімізувати зміщення та гарантувати рівномірний контакт із гальмівним диском. Пристрій для свердління забезпечує стабільність геометрії отворів і повторюваність операцій, що підвищує якість збирання колодок. Стенд для зрізання дозволяє швидко й безпечно видаляти зношені накладки без пошкодження металевої основи.

У сукупності ці технічні рішення забезпечують уніфікацію ремонтного процесу, зменшують ймовірність помилок персоналу та сприяють підвищенню надійності відновлених гальмівних колодок, що безпосередньо впливає на безпеку експлуатації транспортних засобів.

4.2 Формування системи технічного обслуговування обладнання для відновлення і контролю гальмівних колодок

Формування системи технічного обслуговування для стенда зрізання накладок, пристрою для свердління та контрольного пристрою забезпечує стабільну якість ремонтних операцій і подовжує ресурс самого обладнання [5]. Оскільки всі три пристрої працюють із абразивними матеріалами та виконують високоточні операції, їх несвоєчасне обслуговування призводить до втрати точності, збільшення похибки свердління, зміщення накладок, підвищених вібрацій та загрози браку при ремонті гальмівних колодок. Регулярні огляди, змащення, калібрування та очищення дозволяють підтримувати точність, безпечність і продуктивність обладнання на належному рівні, що безпосередньо впливає на якість відновлених гальмівних елементів і безпеку подальшої експлуатації транспортних засобів.

Формування системи технічного обслуговування станда для зрізання
гальмівних накладок.

| Станд для зрізання гальмівних накладок | |
|---|--|
| Поточне (щоденне) обслуговування | Очищення різального інструмента від пилу та залишків фрикційного матеріалу. |
| | Перевірка стану різальної кромки; при виявленні туплення – її підточування або заміна. |
| | Перевірка плавності руху каретки й відсутності люфтів у механізмі подачі. |
| Періодичне обслуговування (раз на 100–150 циклів) | Змащення напрямних, підшипників та рухомих вузлів відповідно до регламентації. |
| | Контроль якості кріплення різального елемента та захисних кожухів. |
| | Огляд електродвигуна (якщо він застосовується) та перевірка стану електропроводки. |
| Сезонне/капітальне обслуговування | Перевірка співвісності робочих поверхонь і точності подачі. |
| | Оцінка стану рами, платформи і фіксаторів на наявність деформацій. |
| | Повна заміна мастила у підшипникових вузлах та ревзія приводу. |

Таблиця 4.4.

Формування системи технічного обслуговування пристрою для
свердління гальмівних колодок.

| Пристрій для свердління гальмівних колодок | |
|---|--|
| Поточне (щоденне) обслуговування | Видалення пилу та стружки зі свердлювального вузла та напрямних. |
| | Візуальний контроль гостроти свердел і правильності їх центрування. |
| | Перевірка фіксаторів колодки, щоб уникнути зміщення під час операції. |
| Періодичне обслуговування (раз на 100–150 циклів) | Змащення рухомих вузлів, шпинделя та напрямних. |
| | Перевірка ступеня вібрації під час роботи та усунення механічних люфтів. |
| | Діагностика свердлильного шпинделя на биття та точність обертання. |
| Сезонне/капітальне обслуговування | Заміна зношених підшипників, направляючих та фіксуючих елементів. |
| | Перевірка точності розмітки та калібрування упорів для забезпечення однакової геометрії отворів. |
| | Огляд та сервіс електричного приводу (у разі наявності). |

Таблиця 4.5.

Формування системи технічного обслуговування пристрою для контролю точності закріплення гальмівної накладки.

| Пристрій для контролю точності закріплення гальмівної накладки | |
|--|---|
| Поточне (щоденне) обслуговування | Очищення контрольних поверхонь, упорів та вимірювальних елементів. |
| | Перевірка цілісності базових площин, які забезпечують правильне позиціонування колодки. |
| | Оцінка працездатності індикаторів або шкал, що використовуються для вимірювання. |
| Періодичне обслуговування (раз на 100–150 циклів) | Калібрування вимірювальних елементів та перевірка їх точності. |
| | Огляд фіксаторів і механізмів стиску на предмет зношення чи ослаблення. |
| | Змащення рухомих частин, якщо конструкція передбачає їх наявність. |
| Сезонне/капітальне обслуговування | Повна ревізія рами та геометрії базових точок для забезпечення точності вимірювань. |
| | Замір похибки приладу та її коригування за заводськими допусками. |
| | Заміна зношених індикаторів, упорів чи пружинних елементів. |

Таким чином, сформована система технічного обслуговування спеціалізованих пристроїв забезпечує надійну й стабільну роботу обладнання, мінімізує ризик відмов і підвищує якість ремонту гальмівних колодок. Регулярне ТО дозволяє гарантувати точність операцій та сприяє загальному підвищенню безпеки гальмівних систем у процесі експлуатації вантажних автомобілів.

РОЗДІЛ 5. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

5.1 Формування системи інформаційного забезпечення гальмівної системи автомобіля MAN TGX

Формування системи інформаційного забезпечення гальмівної системи автомобіля MAN TGX є важливою складовою підвищення ефективності контролю, технічного обслуговування та експлуатаційної надійності транспортного засобу. Сучасні вантажні автомобілі, зокрема сімейство MAN TGX, оснащуються комплексними електропневматичними системами гальмування (EBS), що об'єднують механічні, пневматичні та електронні компоненти. Ефективна робота такої системи можлива лише за умови наявності точного, структурованого й оперативного інформаційного середовища, яке дозволяє контролювати технічний стан гальм у реальному часі та формувати прогностичні рішення щодо обслуговування.

Основу інформаційного забезпечення складають дані, що надходять від датчиків швидкості коліс, тиску в контурах, положення педалі гальма, температури дисків, стану модуляторів EBS та блоків керування. Усі ці параметри передаються через CAN-шину, де вони обробляються центральним контролером EBS. Така структура дозволяє не тільки відстежувати працездатність окремих елементів, а й виконувати діагностику взаємодії систем – наприклад, коректність регулювання гальмівних сил між осями, своєчасність спрацювання ABS або стабільність тиску під час інтенсивного гальмування. Складові та їх місце розташування в автомобілі наведено на рисунку 5.1 та таблиці 5.1.

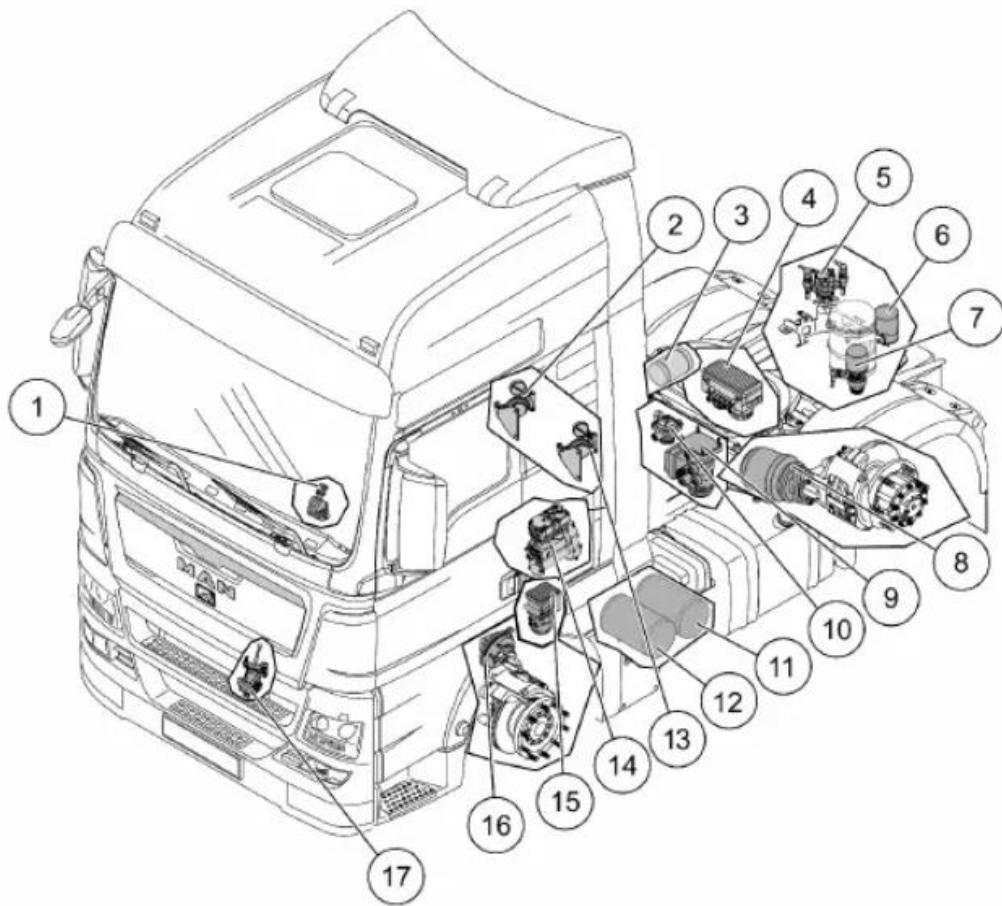




Рис. 5.1. Складові гальмівної системи MAN TGX, та їх розташування [27] (Джерело Repair Manual Brake System TGA TGS TGX).

Ознайомившись з рисунком 5.1. стає більш зрозуміло як працює система інформаційного забезпечення гальм автомобіля. Розташування більшості елементів не є випадковим, а несе раціональне, практичне та ергономічне значення. Щоб в цьому переконатись, розглянемо таблицю 5.1. з складовими гальмівної системи.

Таблиця 5.1.

Складові гальмівної системи автомобіля MAN TGX

| | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|
| 1 |  | <p>Клапан стоянкового гальма 3310013</p> | 9 |  | <p>Клапан керування прицепом 4802040020</p> |
|---|---|--|---|---|---|

| | | | | | |
|---|---|---|----------|--|---|
| 2 |  | З'єднувальна голівка резервуар 9522002210 | 10 |  | Релейний клапан з датчиком тиску 4721726260 |
| 3 |  | Бак стисненого повітря 892367 | 11 12 |  | Бак стисненого повітря 892367 |
| 4 |  | Модуль регулювання тиску, задня вісь 4630840410 | 13 |  | З'єднувальн а голівка гальм 9522002210 |
| 5 |  | Чотириконтур ний захисний клапан 9347144000 | 14 |  | Повітряний компресор 412704008R |
| 6 |  | Бак стисненого повітря 892367 | 15 |  | Модуль регулюванн я тиску 9753034740 |

| | | | | | |
|---|---|---|----|--|---|
| 7 |  | Осушувач повітря 4324251010 | 16 |  | Мембранний гальмівний циліндр 915491 |
| 8 |  | Комбінований гальмівний циліндр 9254813130 | 17 |  | Рробочий гальмівний клапан 815213062 75 |

Провівши аналіз складових гальмівної системи та аналіз їх місця розташування, дуже актуальним питанням є їх надійність. Термін працездатності всіх компонентів безпосередньо впливає на працездатність і надійність всієї гальмівної системи.

5.2. Аналіз основних причин зниження надійності гальмівних систем

Аналіз основних причин зниження надійності гальмівних систем є одним із ключових аспектів дослідження. Гальмівна система вантажних автомобілів працює в умовах підвищених навантажень, температур, вібрацій та агресивних середовищ. Це призводить до поступового зниження її працездатності. Основними факторами, що впливають на надійність системи, є:

1. Знос гальмівних колодок і дисків. Постійне тертя у зоні контакту диска та колодок викликає: зниження ефективності гальмування; збільшення часу реакції; перегрів. Надмірний знос колодок на DAF XF у дослідженні (розділ 3) безпосередньо вплинув на падіння уповільнення та нерівномірність гальмівних сил.

2. Підклинювання супортів. Причини: корозія направляючих, потрапляння вологи й бруду, недостатня кількість мастила, використання

неякісних ремонтувальних комплектів. Це призводить до: перегріву диска, нерівномірності гальмівних сил, підвищеного зносу колодок.

3. Витоки в пневматичній системі. Гальмівна система вантажних автомобілів залежить від стабільного постачання повітря під тиском. Витоки спричиняють: падіння тиску, зниження сили притискання, затримку спрацювання гальм, спрацювання аварійних режимів EBS.

4. Несправності електронних систем (ABS/EBS/ESP). Пошкодження датчиків, електропневматичних клапанів або CAN-шини можуть спричинити: нерівномірний розподіл гальмівних сил, зменшення стабільності автомобіля, збільшення шляху гальмування.

5. Перегрів гальмівних механізмів. Причини перегріву, горіння супорта, тривале гальмування на спусках, низька якість колодок, перевантаження автомобіля. Перегріті диски втрачають міцність, деформуються і можуть тріскатися.

Аналіз основних причин зниження надійності гальмівних систем є надзвичайно важливим, оскільки він дозволяє своєчасно виявляти найбільш критичні фактори, що призводять до погіршення ефективності гальмування та збільшення ризику аварійних ситуацій. Встановлення причин, таких як зношування фрикційних елементів, підклинювання супортів, витоки в пневмосистемі, перегрів дисків чи несправності електронних модулів ABS/EBS, дає змогу спрямувати технічне обслуговування саме на ті вузли, які найчастіше виходять з ладу. Це не лише підвищує надійність гальмівної системи, а й дозволяє оптимізувати витрати на ремонт, зменшити простой техніки та забезпечити високий рівень безпеки транспортних засобів під час експлуатації.

5.3. Конструктивні методи підвищення надійності гальмівних систем

Конструктивні методи підвищення надійності гальмівних систем передбачають модернізацію ключових вузлів та використання більш довговічних матеріалів, що здатні працювати в умовах підвищених

навантажень і температур. До таких рішень належить застосування гальмівних дисків зі збільшеною тепловіддачею, колодок із термостійких фрикційних сумішей, удосконалених супортів із покращеною антикорозійною обробкою та безлюфтовими направляючими. Важливим є використання електронних систем керування нового покоління (ABS, EBS, ESP), які забезпечують рівномірний розподіл гальмівних сил та зменшують ризик перегріву механізмів. Загалом такі зміни забезпечують стабільність роботи гальм, зменшують зношування та підвищують загальну надійність системи під час експлуатації. Розглянемо конструктивні рішення по підвищенню надійності більш детально:

1. Використання вентильованих гальмівних дисків підвищеної міцності

Технології: високолеговані сталі, термообробка, збільшена кількість вентиляційних каналів. Переваги: покращене охолодження, зниження ризику перегріву, збільшення ресурсу роботи.

2. Впровадження супортів із антикорозійним покриттям

Сучасні матеріали, нікелеві покриття, керамічні композити, анодування алюмінію. Це значно зменшує підклинювання направляючих, яке, як показало дослідження DAF XF, є однією з основних причин відмов.

3. Удосконалення електропневматичних систем (EBS)

Сучасні модулятори мають: менший час реакції (<20 мс), покращену точність дозування, адаптивний алгоритм розподілу гальмівних сил. Встановлення нових поколінь EBS на старі моделі суттєво підвищує стабільність та ефективність.

4. Застосування датчиків температури та зносу

Додаткові сенсори дозволяють: попереджати водія про перегрів, оптимізувати інтервали ТО, запобігати передчасним поломкам.

5. Регенеративне або моторне гальмування

Для магістральних тягачів можливе застосування, моторних гальм (MAN EVB, DAF MX Engine Brake), ретардерів (ZF Intarder). Переваги: значне зниження навантаження на дискові гальма, стабільна робота на довгих спусках, підвищення ресурсу колодок у 2–4 рази.

Конструктивні методи є фундаментальною основою підвищення надійності гальмівних систем, оскільки саме конструкція визначає здатність механізмів витримувати навантаження, теплові режими та тривалу експлуатацію. Використання сучасних матеріалів, вдосконалення геометрії, оптимізація тепловідведення та впровадження електронних систем керування забезпечують підвищену стійкість до зношування та відмов. Таким чином, конструктивні рішення створюють базис, на якому ґрунтується довговічність, стабільність та ефективність гальмівної системи в реальних умовах експлуатації.

5.4. Технологічні методи підвищення надійності

Технологічні методи підвищення надійності гальмівних систем базуються на вдосконаленні процесів виготовлення, обробки та контролю якості їхніх елементів. Сюди належить високоточне шліфування та проточка гальмівних дисків, термічна обробка фрикційних матеріалів для підвищення їх зносостійкості, застосування антикорозійних покриттів, а також контроль геометрії та твердості колодок і супортів на всіх етапах виробництва. Використання сучасних методів неруйнівного контролю (ультразвукова, рентгенографічна, магнітопорошкова діагностика) дозволяє виявляти структурні дефекти ще до надходження деталей в експлуатацію. Крім того, впровадження автоматизованих ліній складання та калібрування електронних систем гальмування забезпечує стабільну якість продукції та мінімізує ймовірність виробничих похибок, що безпосередньо впливає на довговічність і надійність гальмівних систем. До технологічних методів відносяться:

1. Регулярне технічне обслуговування супортів. Рекомендації: мастило направляючих кожні 80–100 тис. км, очищення від корозії та бруду, перевірка пильників, використання термостійкого мастила (до 1100 °С). Це усуває проблему, виявлену в DAF XF.

2. Контроль тиску в пневмосистемі. Регулярно виконувати: перевірку компресора, роботу осушувача, герметичність магістралей, тест на падіння тиску (Leak Test).

3. Застосування гальмівних колодок з підвищеною термостійкістю. Переваги: більший ресурс, стабільні характеристики при 450–600 °С, менший ризик фейд-ефекту.

4. Діагностика EBS/ABS при кожному ТО-2. Сучасні вантажівки залежать від електроніки, тому: перевірка кодів помилок, тест датчиків частоти, контроль сигналів CAN, тест модуляторів.

Технологічні методи відіграють ключову роль у забезпеченні високої якості виготовлення та відсутності дефектів гальмівних компонентів, що безпосередньо впливає на їх надійність. Завдяки точній обробці, термічному зміцненню, застосуванню сучасних покриттів та неруйнівному контролю виробництво отримує деталі з прогнозованими характеристиками і мінімальним ризиком прихованих дефектів. Якісно організований технологічний процес гарантує однорідність продукції та забезпечує стабільну роботу гальм на всьому терміні служби.

5.5. Організаційні та експлуатаційні способи підвищення надійності

Організаційні та експлуатаційні способи підвищення надійності гальмівних систем передбачають правильну організацію технічного обслуговування, дисципліну виконання регламентних робіт та контроль умов експлуатації транспортних засобів. До них належить своєчасне проведення діагностики пневматичних та електронних систем, регулярна заміна мастила направляючих супортів, дотримання нормативів щодо зносу колодок і дисків, а також ведення обліку ремонтів і пробігу. Важливим є підготовка персоналу, впровадження систем моніторингу стану гальм у режимі реального часу, правильне завантаження автомобіля та уникнення перегріву гальм під час тривалих спусків. Такі організаційні та експлуатаційні заходи дозволяють

попереджати передчасні відмови, забезпечують стабільну роботу системи та підвищують загальну безпеку руху [4обслугов].

1. Оптимізація стилю водіння. Водій повинен: уникати різкого гальмування, застосовувати ретардер на спусках, дотримуватися дистанції, використовувати гальмування двигуном. Доведено, що грамотна експлуатація може збільшити ресурс гальм у 1,5–2 рази.

2. Забезпечення високої якості запасних частин. Неоригінальні колодки можуть: перегріватися, швидко зношуватися, викликати вібрації.

3. Обов'язкові сезонні перевірки. Восени та взимку необхідно: робити тест герметичності пневмоліній, контролювати стан осушувача, замінювати фільтри та картриджі.

4. Використання телематичних систем моніторингу. Системи маніпулюють: режимами гальмування, температурою дисків, інтенсивністю роботи супортів. Це дозволяє прогнозувати несправності.

Організаційні та експлуатаційні заходи визначають реальний рівень надійності гальмівної системи під час її використання, оскільки навіть найкращі конструктивні та технологічні рішення не дадуть очікуваного результату без правильної експлуатації та регулярного технічного обслуговування. Чітке дотримання регламентів, своєчасна діагностика, контроль умов роботи та кваліфіковане обслуговування дозволяють попереджати відмови та продовжувати ресурс системи. Саме грамотна організація експлуатації забезпечує максимальну ефективність гальм та безпеку руху в довгостроковій перспективі.

5.6. Рекомендації щодо підвищення надійності гальмівної системи MAN TGX та DAF XF

Особливу увагу необхідно приділяти стану пневматичного приводу. Перевірка герметичності магістралей, роботи осушувача та клапанів дає змогу запобігти затримкам у спрацюванні гальм та зниженню тиску в контурах.

Також важливо контролювати електронні системи ABS/EBS за допомогою професійних діагностичних сканерів, що дозволяє швидко виявляти помилки, некоректні сигнали датчиків та несправності модулаторів.

Таблиця 5.2.

Роботи рекомендовані для проведення з метою підвищення надійності гальмівної системи за результатами дослідження.

| Заходи щодо підвищення надійності гальмівної системи | | |
|--|---|--|
| № | MAN TGX | DAF XF |
| 1. | Виконувати профілактичне мастило супортів кожні 100 тис.км. | Провести повне ТО передніх супортів (очистка, мастило, заміна направляючих). |
| 2. | Стежити за зносом колодок (замінювати при 6–7 мм). | Замінити гальмівні колодки передньої осі. |
| 3. | Регулярно виконувати діагностику EBS через MAN-cats III. | Виконати калібрування EBS після ремонту. |
| 4. | Періодично проводити тепловізійний контроль. | Перевірити датчик обертів колеса (ABS). |
| 5. | | Виконати повне обслуговування компресора та осушувача. |
| 6. | | Перевіряти температуру дисків кожні 5–10 тис. км. |
| 7. | | Перейти на колодки підвищеної термостійкості. |
| 8. | | Використовувати ретардер або моторне гальмування на тривалих спусках. |

Наведені заходи свідчать про те, що підвищення надійності гальмівних систем MAN TGX та DAF XF ґрунтується на своєчасному технічному обслуговуванні, контролі стану механізмів та стабільній роботі електронних систем. Для MAN основними факторами є регулярне мастило супортів, контроль зносу колодок, діагностика EBS і періодичний тепловізійний огляд, що забезпечує рівномірну роботу гальм і запобігає передчасному зносу. Для DAF ключовими є повне відновлення передніх супортів, заміна зношених

елементів, перевірка датчиків ABS та обслуговування пневмосистеми, що дозволяє усунути перегрів і нерівномірність гальмування.

Не менш важливим є догляд за механічними елементами: очищення супортів, змащення направляючих, перевірка биття дисків і рівномірності ходу поршнів. Залежність надійності від взаємозамінності коліс, і наявності запасного колеса наведено в дод. А3. Використання сертифікованих комплектуючих (колодок, дисків, манжет) забезпечує передбачувану та стабільну роботу гальмівної системи.

Базуючись на дослідженні гальмівної системи двох автомобілів, створено конкретні рекомендації по підвищенню їх надійності див. таблицю 5.4.

Таблиця 5.4

Практичні рекомендації для підвищення надійності гальмівних систем

| Рекомендації з обслуговування для підвищення надійності гальмівних систем | | |
|---|---|---|
| Автомобілі MAN TGX | | Автомобілі DAF XF |
| 1 | Регламентне обслуговування без додаткових втручань. | Розібрати та очистити супорт передньої осі |
| 2 | Контроль товщини колодок через 40–50 тис. км. | Замінити направляючі. |
| 3 | Перевірка супортів кожні 80–120 тис. км. | Виконати заміну гальмівних колодок (знос близький до граничного). |
| 4 | | Перевірити датчик ABS. |
| 5 | | Провести діагностику та обслуговування компресора та осушувача. |
| 6 | | Виконати адаптацію системи EBS після ремонту. |

Комплексне виконання цих рекомендацій – технічних, пневматичних, електронних та механічних – дозволяє значно підвищити надійність гальмівної системи, зменшити ризик аварійних ситуацій та продовжити ресурс автомобіля під час інтенсивної експлуатації.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Охорона праці під час робіт із гальмівними системами вантажних автомобілів

Забезпечення безпечних умов праці під час виконання робіт із гальмівними системами вантажних автомобілів є ключовим елементом організації ремонтного процесу. Гальмівна система містить механічні, пневматичні та електронні компоненти, які працюють під високими навантаженнями та тиском, тому будь-яке втручання в її конструкцію потребує дотримання підвищених вимог безпеки. Основними небезпечними факторами є рухомі та обертові елементи, високий тиск у пневматичних контурах, можливість неконтрольованого прокручування коліс, а також вплив токсичного пилу та мастильних матеріалів.

Перед початком робіт механік зобов'язаний провести зовнішній огляд автомобіля, переконатися у стійкості його встановлення та зафіксувати колеса противідкатними упорами. Особливо важливо відключати пневматичну систему та стравлювати залишковий тиск у контурах перед демонтажем гальмівних камер чи пневмоліній. Робота з компонентами, що перебувають під тиском, без попередньої розрядки системи може призвести до серйозних травм. У зонах обслуговування повинні бути встановлені попереджувальні знаки та обмежено сторонній доступ.

Під час робіт із гальмівними механізмами (супортами, колодками, дисками, барабанами) працівник зобов'язаний використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, рукавиці, спецодяг, респіратор для запобігання потраплянню пилу фрикційних накладок у дихальні шляхи. Пил від гальмівних колодок є шкідливим та може містити мікрочастинки металів, які негативно впливають на органи дихання та шкіру. Демонтаж супортів і вузлів, що підвішені на осях, повинен виконуватися лише з використанням вантажних домкратів та стійок, які відповідають масі автомобіля.

Під час діагностики гальмівної системи на роликівих або інерційних стендах необхідно суворо дотримуватися інструкцій виробника. Забороняється перебування людей поруч із колесами під час випробувань, оскільки можливе неконтрольоване прокручування або зісковзування колеса зі стенда. Оператор має контролювати процес із безпечної зони, а стенд повинен бути оснащений аварійною кнопкою зупинки та захисними огорожами. Перед проведенням випробувань необхідно переконатися, що тиск у ресиверах відповідає нормі, а система ABS/EBS не містить активних помилок, які можуть вплинути на характер гальмування.

Особливу увагу слід приділяти роботі з електронними компонентами гальмівної системи. Під час діагностування модуляторів EBS, датчиків ABS або електроклапанів необхідно використовувати ізольовані інструменти та уникати коротких замикань. Забороняється виконувати ремонт електричних з'єднань при ввімкненому живленні автомобіля. При використанні діагностичних сканерів оператор повинен працювати в рукавицях та не торкатися частин кузова, що можуть бути під напругою у разі несправності маси.

Раціональна організація робочого місця також є важливим аспектом охорони праці. Зона ремонту повинна бути добре освітленою, не захаращеною сторонніми предметами та забезпеченою вентиляцією для видалення пилу й газів. Підлога має бути сухою та неслизькою, а мастильні матеріали зберігатися у відповідних контейнерах. У разі розливу гальмівної рідини необхідно негайно зібрати її абсорбентом, оскільки вона є токсичною та може пошкодити шкіру.

Дотримання вимог охорони праці при роботі з гальмівними системами вантажних автомобілів забезпечує безпечне виконання технологічних операцій та мінімізує ризик виникнення аварійних ситуацій. Використання засобів індивідуального захисту, правильна фіксація транспортного засобу, контроль робочого тиску та дотримання правил безпечної експлуатації обладнання дозволяють гарантувати високий рівень безпеки персоналу та якісне виконання робіт. Такий комплекс заходів є необхідною умовою надійної експлуатації гальмівних систем і загальної безпеки дорожнього руху

6.2. Охорона праці під час роботи з обладнанням для ремонту гальмівних колодок

Забезпечення безпечних умов праці під час обслуговування та ремонту гальмівних колодок є ключовим фактором у попередженні травматизму та зниженні негативного впливу виробничих факторів на працівника. Робота зі стендом для зрізання гальмівних накладок, пристроєм для свердління та обладнанням для контролю точності пов'язана з підвищеною небезпекою через наявність ріжучих інструментів, обертових елементів, абразивного пилю та механічних навантажень. Тому виконання робіт повинно здійснюватися виключно кваліфікованим персоналом, який пройшов первинний та періодичний інструктаж з техніки безпеки.

Перед початком роботи оператор повинен оглянути обладнання, перевірити цілісність електричних кабелів, захисних кожухів, кріплень різальних елементів та фіксаторів. Заборонено працювати на обладнанні з ознаками пошкоджень, надмірного люфту або нестабільної роботи приводу. Усі рухомі частини стендів та свердлильного пристрою повинні бути оснащені захисними екранами, що запобігають викиду стружки та частинок фрикційного матеріалу. Перед запуском обладнання необхідно впевнитися, що в зоні обробки немає сторонніх предметів та інструментів.

Під час роботи обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту: захисних окулярів, рукавиць, респіратора для фільтрації пилю фрикційних накладок, а також спецодягу, що щільно прилягає до тіла та не має вільних елементів. При роботі зі свердлильним пристроєм оператор зобов'язаний міцно фіксувати колодку, щоб уникнути її зміщення, а при роботі зі стендом зрізання – контролювати силу подачі, не допускаючи заїдання різального інструмента. Заборонено торкатися робочих елементів під час обертання чи переміщення.

Після закінчення роботи необхідно вимкнути обладнання від електромережі, очистити робочу зону від пилу та стружки, а також провести візуальний огляд механізмів на предмет зношення. Особливу увагу слід приділяти системам вентиляції та пиловидалення, оскільки фрикційний пил є шкідливим для органів дихання та може містити мікрочастинки металу. Приміщення повинно бути оснащено припливно-витяжною вентиляцією та спеціальними контейнерами для збору відходів.

Важливо також дотримуватися правил ергономіки і безпечної організації робочого місця. Станки та пристрої повинні бути надійно закріплені на горизонтальній поверхні, освітлення має забезпечувати достатню видимість без утворення тіней, а підлога – бути неслизькою та чистою. Забороняється виконувати ремонт обладнання під час його роботи та без відключення від живлення.

Дотримання вимог охорони праці під час експлуатації станда для зрізання накладок, пристрою для свердління та контрольного пристрою значно знижує ризик виробничого травматизму та забезпечує стабільну, безпечну й якісну роботу. Правильна організація процесу, використання засобів захисту та своєчасний технічний контроль обладнання є основою безпечного виконання операцій у процесі ремонту гальмівних колодок.

ВИСНОВКИ

Аналіз конструкції та сучасного стану гальмівних систем вантажних автомобілів MAN TGX та DAF XF показав, що сучасні дискові електропневматичні системи з EBS/ABS/ESP забезпечують високу ефективність гальмування та стабільність руху, проте залишаються чутливими до зносу супортів, колодок та перегріву дисків.

Дослідження технічного стану MAN TGX підтвердило добрий стан гальмівної системи: нерівномірність гальмівних сил на всіх осях не перевищує нормативних значень, ефективність та приведене уповільнення відповідають вимогам, помилок ABS/EBS не виявлено, температура дисків у нормі.

Дослідження DAF XF показало: знос колодок передньої осі та підclinювання супорта призвели до нерівномірності гальмівних сил, зниження ефективності гальмування та перегріву диска. Виявлено помилки електронної системи EBS та падіння тиску у пневмосистемі.

Розроблено комплексну методику діагностики, що включає: візуально-механічний огляд, стендові випробування, електронну діагностику EBS/ABS, тепловізійний контроль, перевірку пневмосистеми та аналіз отриманих даних.

Запропоновано шляхи підвищення надійності гальмівних систем, що включають:

конструктивні рішення: вентильовані диски, антикорозійні супорти, сенсори зносу, моторне та регенеративне гальмування;

технологічні методи: регулярне ТО супортів, контроль пневмосистеми, заміна колодок, діагностика EBS;

організаційні заходи: навчання водіїв, телематичний моніторинг, використання якісних запчастин.

Очікуваний ефект впровадження рекомендацій: підвищення надійності та безпеки, зменшення гальмівного шляху на 10–15 %, збільшення ресурсу колодок на 40–60 %, зниження витрат на ремонт на 20–25 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сьомако В.М., Новицький А.В. (2025). Стратегії забезпечення працездатності гальмівних систем вантажних автомобілів MAN та їх вплив на підвищення безпеки руху. Збірник тез магістрів факультету конструювання та дизайну. НУБіП України. К., 2025. – С. 37 – 38. ПОДАНО ДО ДРУКУ
2. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З.В. (2017). Організація сервісного виробництва. К.: НУБіП. 212 с.
3. Новицький А. В., Сьомако В. М. (2025). Гальмівні системи МЕЗ: характерні відмови, діагностика, обслуговування, ремонт. Збірник тез доповідей 78-ї всеукраїнської науково-практичної студентської конференції «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (17–18 квітня 2025 року) / Факультет конструювання та дизайну НУБіП України. К. С. 29–30.
4. Новицький А. В., Стецюк С. В., Сьомако В. М. (2025). Гальмівні системи автомобілів: характерні відмови, діагностування, обслуговування, ремонтування. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції. Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving thereliability and efficiency of machines, processes and systems", 16-18 квітня 2025 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2025. С. 49–51.
5. Новицький А.В., Погребняк Ю.В., Сьомако В.М. Особливості гарантійного обслуговування автомобілів. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (19–21 квітня 2023 року). НУБіП України. Київ. 2023. 252 с. 182-184.
6. Гарсія-Леон Р.А., Афанадор-Гарсія Н., Гомес-Камперос Х.А. Чисельне дослідження теплопередачі та швидкості повітряного потоку на продуктивність дискового гальма з автоматичною вентиляцією. Рідини 2021, 6, 160.
7. Nagwa Elzayady, Ramadan Elsoeudy Мікроструктура та знос Дослідження механізмів на гальмівній колодці, Journal of Materials Research and

Технологія, Том 11, 2021, 2314-2335. Ремонт машин. /Т.Ф.Тельнов – М.: Агропромиздат, 1990р. –458 с.

8. Войналович О.В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г. Охорона праці у галузі (автомобільний транспорт). К: Центр учбової літератури, 2018. 695 с.

9. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Білько Т.О. Охорона праці у сільському господарстві. К: Центр навчальної літератури, 2017. 691 с. Нормування ремонтних робіт // –М.: ГоСНИТИ, 1974р. – 358 с.

10. Гривківська, О.В. і Акуленко, О.О. Модель процесу функціонування механізму економічної безпеки аграрного підприємства: зб. Праць «Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління». 2023. Т. 22, Ч. 1(53), С. 54–62.

11. Бондарєв, С. І. Актуальні проблеми на пасажирському транспорті та взаємовідносин з державою: Збірник тез доповідей. VI Міжнародна науковопрактична конференція «Автомобільний транспорт та інфраструктура» К.: 2023. – С. 14-16.

12. Дьомін О. А., Загурський О. М. Вантажні перевезення : навч. посіб. Київ, 2020. 608 с.

13. Новицький А. В., Новицький Ю. А., Башук Р. В. (2024). Оцінка експлуатаційної надійності транспортно-технологічних машин. Крамаровські читання: Матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції. м. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2024. С. 93–95.

14. Navitski, P., Knight, J., & Mullins, A. (2023). Integration of wearable biometric sensors and intelligent transportation systems for enhancing road safety. Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (19–21, 106.

15. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hryniv, A., Mironov, D., ... & Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on harrington's desirability function. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 1 (3 (127)). - P. 37–46. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13874>

16. García-León R.A., Afanador-García N., Gómez-Camperos J.A. (2021). Numerical Study of Heat Transfer and Speed Air Flow on Performance of an AutoVentilated Disc Brake. *Fluids* 2021, 6, 160. <https://doi.org/10.3390/fluids6040160>
17. Nagwa Elzayady, Ramadan Elsoeudy (2021). Microstructure and wear mechanisms investigation on the brake pad, *Journal of Materials Research and Technology*, Volume 11, 2021, pp. 2314–2335.
18. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. (2021). *Machinery and Energetics*, 12 (2), pp. 39–47. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85179946633&origin=resultslist> .
19. Novitskiy A. V., Kharkovskiy I. S., Novitskiy Yu. A. (2021). Monitoring the technical condition of agricultural machinery for guideline materials for its operation. *Machinery and Energetics*. 12(4), pp. 85–93. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.085>
20. Novitskiy, A., Banniy, O., & Novitskiy, Yu. (2023). Logical probabilistic model of the reliability of means for preparing and distributing fodder. *Machinery & Energetics*, 14(1). pp. 57–67. <https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.57>.
21. Shykhmat, A. (2024). Agriculture vehicles predictive maintenance. *ADVANCES IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS*. Vol. 9, No. 2. 134–139. <https://doi.org/10.23939/acps2024.02.134/>
22. Zagurskiy, A. (2024). Technical overview of the main types, designs, and materials of brake pads for mobile agricultural machinery. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 20(4), 119–130. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.119>
23. Загурський А. О. Основні дефекти гальмівних дисків (2024). Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт та інфраструктура» (18–20 квітня 2024 року). НУБіП України. Київ. С. 165–167.

24. Новицький А. В., Бистрий О. М., Ружи́ло З. В., Банний О. О., Сиволапов В. А. (2023). Надійність машин та обладнання. Том 1. Оцінка та забезпечення надійності машин та обладнання: навчальний посібник. Київ. НУБіП України. 213 с.
25. Ружи́ло, З. В., Мельник, В. І., Новицький, А. В., Ревенко, Ю. І., Бистрий, О. М., Попик, П. С., Мельник, В. І. (2023). Надійність машин та обладнання. Ч. 2 Ремонтування машин та відновлення деталей. Київ. НУБіП України. 309 с.
26. Ружи́ло З. В., Новицький А. В. (2016). Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. Вип. 2. С. 223–231.
27. Repair Manual Brake System TGA TGS TGX.
28. ДСТУ 2861-94. Надійність техніки. Аналіз надійності. Основні положення. Видання офіційне. Держстандарт України. Київ. 16 с.
29. ДСТУ 2863-94. Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги. Київ. 26 с.
30. Novitskyi, Yu. (2024). Ensuring the reliability of filtration systems for transport and processing machines by redundancy. Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 20(4), 85-95. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.85>.
31. Anchal, S., Ailawalia, P, & Shakuntala, A. (2022). RAM (Reliability, Availability and Maintainability) of threshing machine in agriculture. Agriculture and Natural Resources, 55(6), 1057-1061.
32. Molnar, G., Ahrens, K., Wegener, Jens K., Dittmar, S., Peter, E., Martin, S., Schäckermann, J., Röver, M. (2025). Operator exposure and cabin protection in plant protection product application. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. Том 20, Выпуск 1, pp. 63–79.

33. Abd Wahab NH, Hasikin K, Wee Lai K, Xia K, Bei L, Huang K, Wu X. (2024). Systematic review of predictive maintenance and digital twin technologies challenges, opportunities, and best practices. *PeerJ Computer Science* 10:e1943 <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1943>.
34. Amit Kumar Singh and P. C. Tewari. (2023). An Overview of Reliability, Availability, Maintainability, and Safety Strategies for Complex Systems in Various Process Industries [J]. *Int J Performability Eng*, 2023, 19 (12): pp. 788–796.
35. Saini M., Kumar A., and Sinwar D. (2022). Parameter Estimation, Reliability and Maintainability Analysis of Sugar Manufacturing Plant. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, pp. 1–19.
36. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., Titova, L., Hrynkiv, A., Mironov, D., ... & Lysenko, S. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 1 (3 (127)). - P. 3746. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13874>.
37. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash, S. A., Melnyk V. I., Nuretdinov D. I., Vornacheva I. V. (2021). Design of landing of assembly machine building units with circulating load rolling bearing rings. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021, 1889 (4).
38. Novitskiy A. V., Banniy, O. O, Novitskiy Yu. A., Antal, M. V. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. *Machinery & Energetics*, 14(4), 101–110. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85184886375&origin=resultlist>
39. Novitskiy A. V., Kharkovskiy I. S., Novitskiy Yu. A. (2021). Monitoring the technical condition of agricultural machinery for guideline materials for its operation. *Machinery and Energetics*. 12(4), pp. 85–93. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.085>.
40. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskiy, Yu., Kharkovskiy, I., & Antal, M. (2024). Examination of maintainability indicators of feed preparation and distribution

products. Machinery & Energetics, 15(4), pp. 47–57.
<https://www.scopus.com/pages/publications/85216788106?origin=resultslist>

41. Сідашенко О.І. Ремонт машин і обладнання: підручник / О.І.Сідашенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. К.: Аграр Медіа Груп, 2018. 632 с.

42. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. / М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аулін та ін.; За заг. ред. М.І. Черновола. Кіровоград: ТОВ «КОД», 2010. 320 с.

43. Практикум по ремонту машин / О.І. Сідашенко. О.А.Науменко.; За ред. О.І. Сідашенка - Харків.: Прапор, 1992. 380 с.

44. Волков В. П. (2003). Статистичний аналіз стабільності барабанних гальмових механізмів легкових автомобілів. Вісник ЖІТІ, Вип. 1 (24), с. 36-39.

45. Оцінка впливу стабільності характеристик гальмівних механізмів на процес гальмування транспортних засобів / В. П. Волков [та ін.] // Вісник машинобудування та транспорту = Journal of Mechanical Engineering and Transport. – 2022. – Том. 15, No 1. – С. 33–43.

46. Дудкін, Б. В., Ткаченко Ю.А. (2023). Аналіз систем автоматизації гальмівних систем. Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих вчених, [Харків], 22 листопада 2023 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків. С. 46–49.

47. ДСТУ 2919-94 Автотранспортні засоби. Гальмівні системи. Терміни та визначення.

48. Новицький А. В. (2025). Формування показників ремонтпридатності змішувачів-кормороздавачів в гарантійний період експлуатації. Крамаровські читання: збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди 118-ї річниці від дня народження проф. Крамарова В. С.: 20-21 лютого 2025 р., К.: Видавничий центр НУБіП України. С. 82–85.

49. Lips, Markus & Burose, Frank. (2012). [Repair and Maintenance Costs for Agricultural Machines](#). [International Journal of Agricultural Management](#), Institute of Agricultural Management, vol. 1(3), pp. 1-7. DOI: 10.22004/ag.econ.149750

50. Новицький А. В. Управління надійністю самохідних засобів для приготування і роздавання кормів Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XI Міжнародна науково-технічна конференція, смт. Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 1-18 жовтня 2024 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2024. с. 81–83.

51. Новицький А. В. Формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки на стадії проектування та розробки. Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022. С. 201–204.

52. Новицький А. В. Формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки на стадії виготовлення та встановлення. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XI Всеукраїнська науково-технічна конференція, смт. Глеваха Київської області. м. Київ, Україна, 3-22 жовтня 2022 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ. 2022. С. 70–74.

53. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 4, p. 39–46.

54. Новицький А. В. Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*, 2022. Вип. 6 (37), ч. I. С. 134–143.

Додатки

Розподіл трудомісткостей ремонтних робіт автопарку

| Види ремонтів і ТО | Місце виконання і трудомісткість робіт, люд.-год. | | | | Всього, люд.-год. |
|--------------------|---|---------|----------|---------------------|-------------------|
| | СРМ | РМ | Пункт ТО | Пересувні засоби ТО | |
| Автомобілі | | | | | |
| КР | 112,5 | | | | 1120,5 |
| ТР | | 2725,15 | | | 2725,15 |
| ТО-2 | 40 | 505,81 | 80 | | 625,81 |
| ТО-1 | | 241,07 | 200 | | 441,07 |
| Всього | 1160,5 | 3472,03 | 280 | | 4912,53 |
| Причепи | | | | | |
| КР | 3767 | | | | 3767 |
| ТР | | 3336,3 | | | 3336,3 |
| ТО-3 | | 414,7 | | | 414,7 |
| ТО-2 | | 530,8 | | | 530,8 |
| ТО-1 | | | 400 | 11,2 | 411,2 |
| СТО | | 420,8 | | | 420 8 |
| ТОХ | | 66 | | | 66 |
| Всього | 3767 | 4768,6 | 400 | 11,2 | 8946,8 |

