

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Підвищення експлуатаційних показників легкового автомобіля, шляхом модернізації його гальмівної системи»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-43СП
Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва)

Володимир Лесик

(ім'я та прізвище)

Керівник: Мирон Магац

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 629.114.3

Лесик В.В. Підвищення експлуатаційних показників легкового автомобіля, шляхом модернізації його гальмівної системи. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 52 с.

Табл. 1; рис. 16; бібліогр. джерел 22.

Проведено техніко-економічне обґрунтування роботи гідравлічних гальмівних систем сучасного автомобіля.

Отримано динамічний розрахунок автомобіля з модернізованою гальмівною системою та розраховано оптимальне передаточне число (відповідної передачі КПП), при якому досягається найкраща стійкість автомобіля на слизькій дорозі.

Запропоновано методику модернізації гальмівної системи легкового транспортного засобу.

Виконано структурно-функціональний аналіз причин виникнення небезпечних ситуацій під час діагностики та технічного обслуговування автомобілів.

Розраховано економічний ефект від використання гідро-сповільнювача у гальмівній системі автомобіля, який становить близько 12075,00 грн на рік (для п'яти транспортних засобів).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	8
1.1 Аналіз факторів, що впливають на роботу гальмівної системи автомобіля	8
1.2 Аналіз процесу роботи гальмівної системи	9
1.3 Аналіз досліджень гальмівної системи сучасного автомобіля.....	13
1.4 Конструктивні особливості гальмівних систем сучасних автомобілів ...	13
1.5 Робота гальмівної системи з рекуперацією енергії	16
1.6 Висновки.....	17
2.РОЗДІЛ. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	18
2.1 Динамічний розрахунок автомобіля	18
2.2 Потужність двигуна.....	20
2.3 Зовнішня швидкісна характеристика автомобіля	21
2.3.1 Передатне число головної передачі	25
2.3.2 Передатні числа коробки передач	25
2.4 Висновки.....	27
3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	28
3.1 Механізми керування гальмівними системами	28
3.2 Методика алгоритму роботи гальмівної системи автомобіля	29
3.3 Особливості догляду за гальмівною системою	30
3.4 Конструктивні особливості модернізованої гальмівної системи легкового автомобіля	33
3.5 Формування операційної карти на модернізацію гальмівної системи легкового автомобіля	34

3.6 Висновки	38
4. РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
4.1 Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій .	39
4.2 Пожежна безпека.....	41
4.3 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці..	44
4.4 Висновки.....	45
5. РОЗДІЛ. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	46
5.1 Розрахунок експлуатаційних витрат	46
5.2 Висновки	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	51

ВСТУП

Сучасний автомобіль, поряд зі своїми сервісними функціями, стає водночас засобом більш високої техносферної небезпеки для людини. Основними системами, що відповідають за активну безпеку автомобіля, залишаються: рульове управління, підвіска, колеса і гальмівна система. У ході проведення досліджень автотранспортних засобів у низці регіонів України було виявлено, що переважаючими несправностями транспортних засобів, що мають найбільший вплив на безпеку дорожнього руху, є проблеми гальмівної системи.

Гальмівна система є однією з найважливіших частин автомобіля, яка впливає на його продуктивність. Вона гарантує безпеку руху. Навіть незначні поломки гальм, можуть призвести до смертельної небезпеки. Згідно зі статистикою, близько 10% дорожньо-транспортних пригод відбуваються через проблеми з гальмівною системою.

Супер чутливі гальмівні системи можуть призвести до небажаних наслідків під час руху автомобіля, і навіть за незначної швидкості по засніженому дорожньому полотні. Система ABS, насправді, збільшує гальмівний шлях на снігу, але при цьому зберігає напрямок руху.

Основні принципи функціонування гальмівної системи можна сформулювати як вимоги до ABS:

- забезпечення швидкого зниження тиску в гальмах, у випадку нестабільної кутової швидкості колеса;
- забезпечення швидкого підвищення тиску для гальмування, під час та після повторного натискання на педаль екселератора;
- забезпечення дискретного зростання тиску гальмування, у разі покращеного зчеплення з дорогою;
- вибір чутливості системи, для переважаючих умов руху;

Використання вище зазначених вимог, вимагає пошуку компромісу між ними. Програмування процесу гальмування та модернізація виконавчих механізмів, дозволять підвищити ефективність роботи гідравлічної

гальмівної системи у сучасних легкових автомобілях.

Тому, для підвищення якості роботи та експлуатаційного ресурсу виконавчих елементів гальмівної системи, нами пропонується встановити на приводі заднього моста гідро-сповільнювач, що знизить процес ризику заносу автомобіля (під час його сповільнення) на слизьких ділянках доріг.

Для вирішення поставленої мети, необхідно:

1. Провести аналіз особливостей роботи гальмівних систем сучасних автомобілів та визначити їхні проблемні сторони.
2. Здійснити динамічний розрахунок автомобіля, за різного коефіцієнта зчеплення коліс із дорожнім покриттям.
3. Описати конструктивні особливості модернізованої гальмівної системи та сформулювати технологічно-операційну карту на встановлення модернізованого обладнання.
4. Подати техніку безпеки, охорону праці та пожежну безпеку під час проведення модернізованих робіт.
5. Розрахувати економічний ефект від встановленого обладнання.

1. РОЗДІЛ. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

1.1 Аналіз факторів, що впливають на роботу гальмівної системи автомобіля

Фактори, що впливають на гальмівний шлях автомобіля, є надзвичайно важливими для безпеки на дорозі. Знання про ці фактори та їхній вплив, допомагає водіям усвідомити значення належного обслуговування автомобілів і правильної техніки водіння. Ось деякі основні фактори, які слід враховувати:

- Стан гальмівної системи. Важливим фактором, що впливає на гальмівний шлях, є технічний стан гальмівної системи. Гальмівні диски, колодки, шланги та рідина повинні бути якісними, щоб забезпечити ефективну роботу гальм. Регулярне обслуговування і перевірка гальмівної системи, є необхідними для підтримання її належної функціональності.

- Швидкість автомобіля. Швидкість автомобіля, безпосередньо впливає на гальмівний шлях. Чим вища швидкість, тим більше часу і відстані потрібно для зупинки автомобіля. Наприклад, на швидкості 100 км/год гальмівний шлях може бути у двічі збільшеним, порівняно з гальмуванням на швидкості 50 км/год. Водіям слід дотримуватися обмежень швидкості та підтримувати безпечну дистанцію, щоб уникнути дорожньо транспортної пригоди.

- Стан дороги. Стан дорожнього покриття, також значно впливає на гальмівний шлях. Мокра або слизька дорога збільшує гальмівний шлях, через зниження коефіцієнта зчеплення. Необхідно бути обережним, і адаптувати швидкість руху автомобіля до умов дороги, особливо в несприятливих погодних умовах.

- Стан шин. Шини є одним з ключових елементів, що впливають на гальмівний шлях автомобіля. Глибина протектора і загальний стан шин визначають рівень зчеплення з дорогою. Зношений протектор або

неправильний тиск у шинах, можуть погіршити гальмівний шлях і підвищити ризик пробуксування. Регулярна перевірка величини протектора і догляд за шинами, включаючи підтримання технічно правильного тиску, є важливими для забезпечення безпеки при гальмуванні.

- Реакція водія. Не менш важливим фактором, що впливає на гальмівний шлях, є реакція водія. Час, який водій витрачає на те, щоб виявити небезпеку і натиснути на педаль гальма, відіграє важливу роль у загальному гальмівному шляху. Уважність, відповідальне керування і швидке реагування на дорожні умови, можуть значно скоротити гальмівний шлях автомобіля.

Узагальнюючи роботу гальмівної системи, на гальмівний шлях автомобіля впливають такі фактори: стан гальмівної системи, швидкість автомобіля, стан дороги, стан шин і реакція водія. Розуміння цих факторів і приділення їм належної уваги є важливими для забезпечення безпеки на дорозі та запобігання аваріям.

1.2 Аналіз процесу роботи гальмівної системи

Під час гальмування автомобіля, гальмівні механізми зупиняють обертання коліс, що призводить до виникнення гальмівних сил між колесами і дорогою, спрямованих проти руху автомобіля. Кінетична енергія автомобіля, перетворюється на теплову енергію через тертя в гальмівних механізмах колодок з барабанами і дисками. Теплова енергія розсіюється в навколишнє середовище. Гальмівна сила автомобіля, дорівнює сумі гальмівних сил усіх його коліс. Вона збільшується, завдяки зростанню якості дорожнього покриття і може досягати 80% ваги автомобіля на сухому асфальтобетонному покритті дороги. Тому, гальмування автомобіля на такому покритті більш ефективне, ніж на інших дорогах. Під час експлуатації використовуються такі методи гальмування автомобіля: гальмування двигуном, гальмування з відключеним двигуном, гальмування з

невідключеним двигуном (комбіноване гальмування), гальмування з періодичним припиненням дії гальмівної системи і гальмування сповільнювачем.

Під час гальмування двигуном, гальмівні механізми автомобіля не використовуються, а як гальмо, виступає сам двигун. У цьому випадку двигун, залишається з'єднаним з ведучими колесами автомобіля і працює на холостому ході (зі зменшеною подачею палива) або на компресорному режимі (без подачі палива). Ведучі колеса, через трансмісію примусово обертають колінчастий вал, що створює в двигуні силу опору через тертя, сповільнюючи рух автомобіля. Гальмування двигуном, ефективно в гірських умовах, на довгих спусках і коли потрібне невелике сповільнення. Воно забезпечує плавне гальмування, зберігає гальмівні механізми та покращує стійкість автомобіля, протидіючи заносу. Однак, гальмування двигуном на холостому ході шкідливе для довкілля, через високий викид окису вуглецю [3]-[6].

При гальмуванні з відокремленим двигуном, автомобіль зупиняється лише за рахунок гальмівних механізмів коліс, без участі двигуна. У цьому випадку двигун від'єднується від ведучих коліс, за допомогою вимикання зчеплення або вмикання нейтральної передачі. Це основний спосіб гальмування, який забезпечує велике сповільнення, проте знижує стійкість автомобіля на дорогах з низьким коефіцієнтом зчеплення.

Гальмування з невідокремленим двигуном - це комбінований метод, при якому автомобіль гальмує одночасно за допомогою гальмівних механізмів і двигуна. Спочатку, зменшується подача палива в циліндри двигуна, внаслідок чого частота обертання колінчастого валу знижується до рівня холостого ходу. Однак, ведучі колеса автомобіля продовжують обертати колінчастий вал через трансмісію, що створює гальмуючий ефект двигуна. Після цього, активуються гальмівні механізми, і автомобіль гальмує спільно двигуном і гальмівними системами.

Такий спосіб гальмування продовжує термін служби гальмівних

механізмів, які при тривалих гальмуваннях із відокремленим двигуном, сильно нагріваються і можуть виходити з ладу. Крім того, гальмування з невідокремленим двигуном, покращує стійкість автомобіля до заносів, особливо на дорогах із низьким коефіцієнтом зчеплення.

При гальмуванні з періодичним припиненням дії гальмової системи колеса автомобіля, повинні залишатися на межі виникнення процесу ковзання. Коли колеса починають ковзати, тиск на гальмову педаль зменшується, що дозволяє колесам знову обертатися, що призводить до додаткового контакту з дорогою (тобто, вступають у роботу нові частини протектора шин, які раніше не брали участі у гальмуванні, є менш нагрітими й розм'якшеними). Відповідно, максимальна сила зчеплення коліс із дорогою зберігається. Цей метод забезпечує найефективніше гальмування автомобіля, зокрема на слизьких дорогах із низьким коефіцієнтом зчеплення. Однак, він рекомендується лише висококваліфікованим водіям, оскільки для утримання коліс на межі ковзання, без повного юза, необхідний значний досвід.

Гальмування автомобіля гальмом-сповільнювачем (ретардером) здійснюється шляхом дії на вал трансмісії, без використання гальмових механізмів коліс. Цей метод гальмування доцільний у гірських умовах, де часті гальмування можуть призвести до швидкого нагрівання і виходу з ладу гальмових механізмів коліс.

На рис. 1.1, відображено графік процесу гальмування автомобіля.



Рисунок 1.1 – Графічне відображення процесу гальмування [14].

Під час гальмування, кінетична енергія автомобіля перетворюється на теплову. Процес гальмування, від моменту виявлення водієм небезпеки до повної зупинки автомобіля, розділяються на етапи:

1. Час реакції водія (відстань, що пройдена за час реакції водія). Час реакції водія — це час, з моменту виявлення водієм небезпеки до початку натискання на педаль гальма.

Відстань, пройдена за час реакції водія, — це відстань, яку автомобіль долає за цей час. Вона залежить від досвіду та фізичного стану експлуатаційника: нестомлений стан (менший час реакції / менша відстань); стомлений стан (більший час реакції / більша відстань). На цьому етапі автомобіль рухається без зупинки.

2. Час спрацювання гальмівної системи / відстань, пройдена за час спрацювання гальмівної системи (це час, від початку гальмування до збільшення тиску в гальмівній системі). Відповідно, відстань, що пройдена за цей, зазвичай становить близько 0,3 секунди.

3. Час активного гальмування (відстань, пройдена за час активного гальмування). Тобто, це відстань і час, необхідний для повної зупинки автомобіля після початку гальмування.

4. Зупиночний час (зупинковий шлях). Як правило, цей час складається з часу реакції водія, часу спрацювання гальмівної системи та часу активного гальмування. Зупинковий шлях включає відстань, пройдену за час реакції водія, відстань за час спрацювання гальмівної системи та відстань за час активного гальмування.

Величина зменшення швидкості автомобіля за одиницю часу, вчислюється, відповідно для прикладу 5 м/с^2 означає, що швидкість автомобіля зменшується на 5 м/с за одну секунду.

Відповідно, гальмівна система являється ключовим елементом активної безпеки автомобіля, і слугує регулятором швидкості руху автомобіля, його зупинки та утримуванням на місці, протягом тривалого часу.

Виконавчий робочий модуль гідравлічної гальмівної системи

автомобіля, зображено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Робочий виконавчий гальмівний модуль автомобіля.

1.3 Аналіз досліджень гальмівної системи сучасного автомобіля

На сьогоднішній день, досить складно та фактично відсутні рекомендації, щодо вибору чи розрахунку величини уповільнення автомобіля, обладнаного сучасною системою гальм. Цей недолік викликає у експертних розрахунках додаткову похибку. Тому, у дослідників автомобільного транспорту виникає питання, щодо правильності вибору величини уповільнення, за встановленими середньостатистичними даними. Наприклад, для автомобіля BMW-520i чи будь-якого іншого сучасного автомобіля, обладнаного системою гальм [3]-[6] (зі справною гідромеханічною гальмівною системою на сухому і рівному асфальтобетонному покритті, досягається уповільнення $7,8 \text{ м/с}^2$).

Аналізуючи отримані експериментальні значення уповільнення BMW-520i, цілком можна стверджувати, що гальмівна ефективність сучасного автомобіля, обладнаного антиблокувальною системою гальм є вищою на 3–14 %, порівняно зі статистичними даними простої гальмівної системи автомобіля.

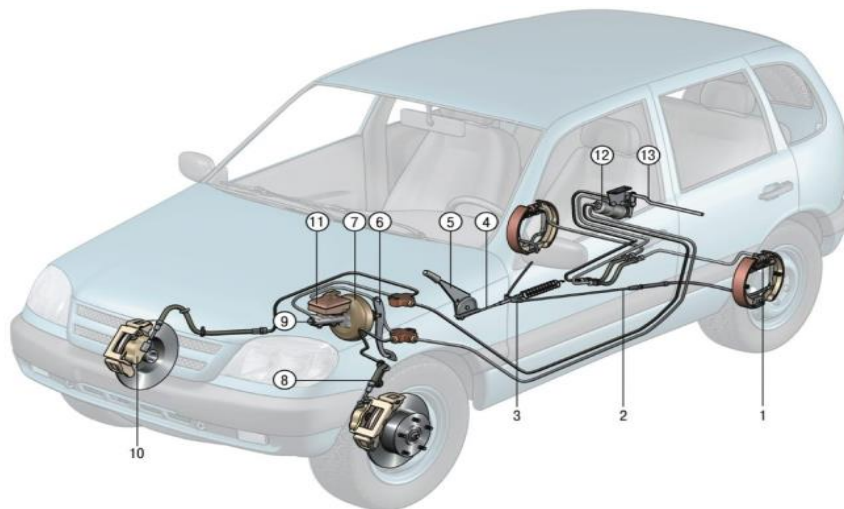
1.4 Конструктивні особливості гальмівних систем сучасних автомобілів

Гальмівна система сучасного автомобіля складається з двох груп

пристроїв:

- Пристрої приводу: педаль (виконує роль важеля), циліндри, вакуумний підсилювач для підвищення зусилля тиску на педаль, бачок, трубопроводи, шланги (у гідроприводів), важелі, система тяг, приводні троси, наконечники (у механічних приводів), повітрязабірник, компресор, ресивер, дросель, розподільник, пневмомотор (у пневмоприводів). Привод необхідний для створення зусилля та передачі впливу безпосередньо від педалі до гальмівного механізму.

- Гальмівні механізми: диск, супорт, накладки (для дискових механізмів) або барабан, колодки, поршень, циліндр (для барабанних механізмів). Дисковий механізм монтується на передніх, барабанний – на задніх колесах. Гальмівний механізм формує гальмівний момент, що являється головною умовою для уповільнення або повної зупинки автомобіля, рис. 1.3.



1. Гальмівний циліндр заднього барабанного гальма. Притискає до барабанів гальмівні колодки заднього гальма. Переносить на колодки тиск, отриманий від головного циліндра; 2 - Тросовий привод ручного гальма; 3 - Врівноважуючий механізм; 4 - Регульована тяга стоянкового гальма; 5 - Рукоятка стоянкового гальма; 6 – Педаль; 7 - Важельний механізм, що формує гальмівне зусилля, пропорційне силі, що подається на педаль; 8 - Вакуумний підсилювач робочого приводу. Працює разом з основним

циліндром. У бензинових двигунах, вакууметричний тиск створюється підключенням вакуумної камери до впускного колектора, у дизелях – від роботи спеціального вакуумного насоса; 9 - Шланг гальмівного механізму; 10 – робочий циліндр; 11 - Супорт. Призначений для кріплення переднього дискового механізму до нерухомої частини підвіски колеса; 12 - Компенсаційний бачок. Забезпечує необхідну кількість гальмівної рідини у контурі; 13 - Механічний регулятор гальмівних сил на задній осі. Дозволяє протидіяти негативному процесу занесення задньої осі транспортного засобу, забезпечуючи при цьому пропорційне гальмування кожним з коліс автомобіля та мінімізувати ризики ДТП; 14 - Важіль приводу регулятора

Рисунок 1.3 – Конструктивні елементи гальмівної системи.

Робочим тілом у гідравлічній системі є рідина, що на 93-98%, що складається з полігліколів та їх ефірів, і на 2-7% - із присадок, призначених для захисту деталей від корозії. Рідина, що володіє високою щільністю, не стискається, і гідропривод спрацьовує дуже швидко. Ще одна перевага гідроприводу – його самодостатність. Конструкція не містить компресора або іншого пристрою, залежного від роботи двигуна, рис.1.4.

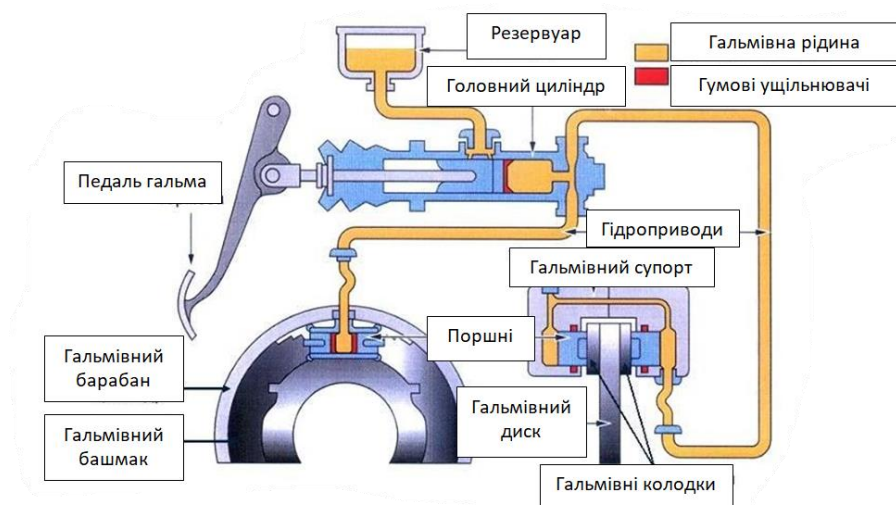


Рисунок 1.4 – Конструктивно-технологічна схема гальмівної системи автомобіля.

При переміщенні рідини трубопроводом втрата енергії – несуттєва, і ККД гідроприводу досить високий (виняток – робота при температурах нижче мінус 30 ° С).

1.5 Робота гальмівної системи з рекуперацією енергії

Робота даної гальмівної системи полягає у наступному: При натисканні на педаль, у генераторному режимі запускається електромотор (у електричного та гібридного транспорту) і створюється гальмівний момент на валу електродвигуна. Одночасно, під час даного процесу виробляється електрична енергія, що спрямовується в акумулятори або суперконденсатори. Якщо транспортний засіб неелектричного типу – кінетична енергія маховика акумулюється та згодом використовується для розгону автомобіля, рис. 1.5 [11]-[15].

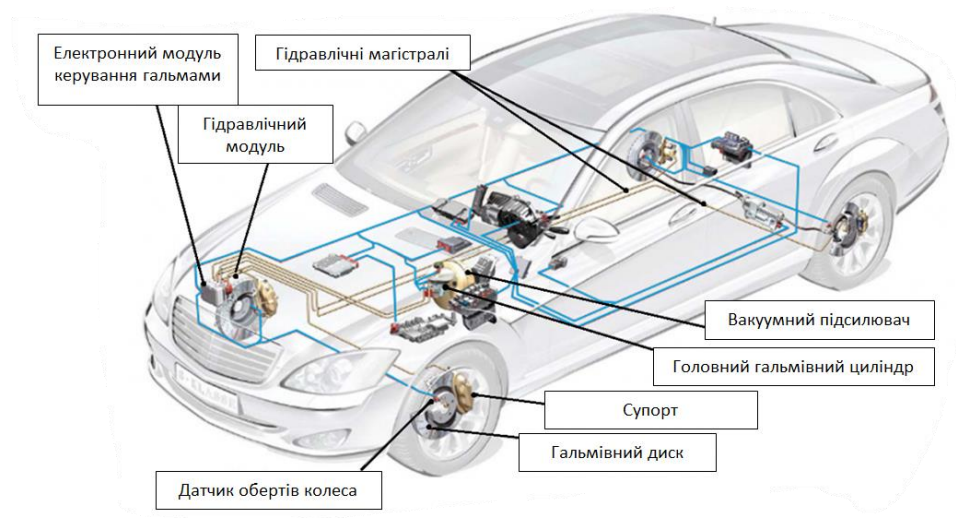


Рисунок 1.5 – Гальмівна система з системою рекуперацією енергії

Багато сучасних автомобілів оснащені електронно-керованою системою гальмування, яка одночасно виконує функції антиблокувальної, пробуксувальної системи, а також оснащена функцією динамічної стабілізації транспортного засобу.

Процес рекуперації, забезпечує безперервну якісну роботу гальмівної

системи, що підвищує час спрацювання робочих виконавчих механізмів та забезпечує високу курсову стійкість автомобіля.

Аналізуючи вище викладений матеріал, можна стверджувати, що робота гальмівної системи сучасного автомобіля, ще потребує багато допрацювань і досліджень.

1.6 Висновки

Методики покращення роботи гальмівної системи сучасного автомобіля, в основному зосереджені на модернізації виконавчих механізмів системи (тобто швидкості їхнього спрацювання).

Дані модернізовані системи, як правило, не ефективно себе ведуть на дорогах зі слизьким покриттям (дощ, сніг і інш.).

Для підвищення ефективності роботи вище зазначеної системи, нами пропонується встановити у трансмісію автомобіля, додатковий пристрій, який би приводився у дію, на послідовному вмиканні гідроприводу робочих тормозних циліндрів і зазначеного вище пристрою.

2. РОЗДІЛ. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Динамічний розрахунок автомобіля

Експлуатаційні показники автомобіля залежать від таких параметрів, як маса, потужність двигуна і передатні числа трансмісії. Ці параметри визначаються, під час тягового розрахунку автомобіля, який ґрунтується на обраних і встановлених вихідних даних. Зокрема, максимальне значення крутного моменту двигуна визначається за результатами розрахунку його зовнішньої швидкісної характеристики, і цей розрахунок є проміжним етапом у процесі тягового розрахунку автомобіля[7].

Вихідні дані для тягового розрахунку модернізованого автомобіля:

Частина вихідних даних обумовлюється індивідуальним завданням:

- колісна формула автомобіля 4x2 ;
- вантажопідйомність $m_{\epsilon \max} = 7$ т;
- коефіцієнт вантажопідйомності $k_{\epsilon} = 0,49$;
- коефіцієнт обтічності $k_{\omega} = 0,63 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$
- лобова площа автомобіля $F = 7,1 \text{ м}^2$;
- статичний радіус коліс $r_{cm} = 0,5$ м;
- максимальна швидкість руху на прямій передачі $V_{\max} = 100$ км/год ;
- кількість передач $z = 5$;
- коефіцієнт зведеного опору дороги $\psi_V = 0,0212$;
- тип двигуна автомобіля (бензиновий чи дизельний) – дизельний;
- частота обертання колінчастого вала двигуна (об/хв) номінальна $n_{\partial N} = 2600$ об/хв;
- питома ефективна витрата палива (г/кВт год) номінальна $g_{\partial N} = 205$ гр/кВтгод

Усі інші необхідні дані, приймаються та вибираються в процесі тягового розрахунку, при цьому вважається, що коефіцієнт опору коченню f ,

коефіцієнт зчеплення φ ведучих коліс і механічний коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) трансмісії $\eta_{\text{тр}}$ залишаються постійними на всіх режимах роботи автомобіля.

Суха маса автомобіля (m_a) - це маса автомобіля без спорядження, тобто без інструменту, запасного колеса та всього обладнання, передбаченого для даного автомобіля (наприклад, радіоприймача, кондиціонера, вогнегасника), а також без заправки охолоджувальною рідиною, мастильними матеріалами та паливом.

Власна маса (m_{a0}) - це маса спорядженого та повністю заправленого автомобіля, але без водія, пасажирів і вантажу.

Повна маса автомобіля ($m_{a \text{ max}}$) включає власну масу (m_a) спорядженого та повністю заправленого автомобіля, а також масу водія, пасажирів і найбільшої маси вантажу. Для автопоїзда повна маса ($m_{\text{ап}}$) включає повні маси автомобіля-тягача і причепа або напівпричепа, який буксирується.

Вантажопідйомність автомобіля ($m_{\text{в max}}$) - це найбільша маса вантажу, яку можна перевозити, дотримуючись допустимих навантажень на опорну поверхню.

Повну масу автомобіля ($m_{a \text{ max}}$) можна розрахувати за формулою [13]:

$$m_{a \text{ max}} = \frac{10^3 m_{\text{в max}}}{k_g}, \quad (2.1)$$

де $m_{\text{в max}}$ - вантажопідйомність автомобіля, т;

k_g - коефіцієнт вантажопідйомності.

$$m_{a \text{ max}} = \frac{10^3 \cdot 7}{0,49} = 14285,71 \text{ кг.}$$

Приймаємо за повну масу 14286 кг.

Власна маса автомобіля m_{a0} (кг) становить:

$$m_{a0} = m_{a \text{ max}} - 10^3 m_{\text{в max}} - m_l (n_l + 1), \quad (2.2)$$

де m_l - маса водія чи пасажира, кг (можна приймати $m_l = 75$ кг);

$n_{\text{л}}$ – кількість місць для сидіння пасажирів (здебільшого $n_{\text{л}} = 1$ або $n_{\text{л}} = 2$).

$$m_{a0} = 14286 - 10^3 \cdot 7 - 75 \cdot 3 = 7061 \text{ кг.}$$

2.2. Потужність двигуна

Потужність двигуна N_{eV} повинна забезпечувати достатність руху із заданою максимальною швидкістю V_{max} за повного навантаження автомобіля. Потужність N_{eV} (кВт), необхідна для забезпечення руху автомобіля визначиться (за даних умов):

$$N_{eV} = \frac{\left[\psi_V m_{a \text{ max}} g + k_{\omega} F \left(\frac{V_{\text{max}}}{3,6} \right)^2 \right] V_{\text{max}}}{3,6 \cdot 10^3 \eta_{mp}}, \quad (2.3)$$

де ψ_V – коефіцієнт зведеного опору дороги;

$m_{a \text{ max}}$ – розрахована, а потім прийнята повна маса автомобіля, кг;

k_{ω}, F – коефіцієнт опору повітря ($\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$) і лобова площа автомобіля (м^2), що приймаються за індивідуальним завданням;

V_{max} – максимальна швидкість руху, км/год;

η_{mp} – механічний к.к.д. трансмісії, який для автомобілів дорівнює – 0,9.

$$N_{eV} = \frac{\left[0,0212 \cdot 14286 \cdot 9,81 + 0,63 \cdot 7,1 \cdot \left(\frac{100}{3,6} \right)^2 \right] 100}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 198,22 \text{ кВт.}$$

Максимальна потужність N_{eH} (кВт) бензинового двигуна автомобіля:

$$N_{e \text{ max}} = k_{NV} N_{eV}, \quad (2.4)$$

де k_{NV} – коефіцієнт резервування потужності, що змінюється від 1,0 до 1,1.

$$N_{eH} = 1,05 \cdot 198,22 = 208,14 \text{ кВт.}$$

Приймаємо потужність 209 кВт.

2.3 Зовнішня швидкісна характеристика автомобіля

Динамічні та економічні показники автомобільних двигунів у різних умовах експлуатації, відображаються їх характеристиками, зокрема швидкісними, які є одними з основних. Ці характеристики, при постійній подачі палива, показують залежність від частоти обертання колінчастого вала двигуна (n_d) таких показників, як ефективна потужність (N_e), крутний момент (M_d), годинна витрата палива (G_T) та питома ефективна витрата палива (g_e). Характеристика, отримана при повній подачі палива, називається зовнішньою швидкісною характеристикою і показує максимальні значення потужності, яку може розвивати двигун на різних частотах обертання колінчастого валу. При неповній подачі палива, отримують часткові швидкісні характеристики.

Показники зовнішньої швидкісної характеристики визначаються за поточними швидкісними режимами роботи двигуна, тобто поточними значеннями частоти обертання колінчастого вала (n_{di}), які задаються. Індекс "i" позначає частоту обертання n_d , наприклад у табл. 2.1, значень $i = 1, 2, 3, \dots, 7$, кожному з яких відповідає певне відношення.

Таблиця 2.1 - Показники зовнішньої швидкісної характеристики бензинового двигуна

Швидкісний режим		n_{di} , об/хв	N_{ei} , кВт	M_{di} , Н·м	G_{mi} , кг/год	g_{ei} , г/кВт·го д
i	$\frac{n_{di}}{n_{dN}}$, (%)					
1	0,20 (20)	1820	155,08	814,10	31,63	203,98
2	0,40 (40)	1040	78,58	721,89	17,56	223,45
3	0,50 (50)	1560	130,42	798,75	26,20	200,9
4	0,60 (60)	1950	166,57	816,12	32,44	194,75
5	0,80 (80)	2080	177,23	814,08	34,52	194,75
6	1,0 (100)	2600	209	768,01	42,85	205
7	1,20 (120)	2860	0,0	0,0	10,71	

Тоді, поточні значення $n_{\partial i}$ (об/хв) частоти обертання колінчастого валу двигуна, враховуючи прийняті відношення $\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}}$ (табл. 2.1), дорівнюють:

$$n_{\partial i} = \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right) n_{\partial N}, \quad (2.5)$$

де $n_{\partial N}$ – частота обертання, за максимальної потужності, 2600 об/хв, отримуються наступні значення:

$$n_{\partial 1} = 0,20 \cdot 2600 = 1820 \text{ об/хв};$$

$$n_{\partial 2} = 0,40 \cdot 2600 = 1040 \text{ об/хв};$$

$$n_{\partial 3} = 0,5 \cdot 2600 = 1560 \text{ об/хв};$$

$$n_{\partial 4} = 0,6 \cdot 2600 = 1950 \text{ об/хв};$$

$$n_{\partial 5} = 0,8 \cdot 2600 = 2080 \text{ об/хв};$$

$$n_{\partial 6} = 2600 \text{ об/хв}$$

$$n_{\partial 7} = 1,2 \cdot 2600 = 2860 \text{ об/хв}.$$

Ефективна потужність двигуна, визначиться за емпіричною залежністю:

$$N_{ei} = N_{e \max} \left[c_1 \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right) + c_2 \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right)^2 - \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right)^3 \right], \quad (2.6)$$

де N_{ei} , $n_{\partial i}$ – поточні й відповідні одне одному значення ефективної потужності (кВт) та частоти обертання (об/хв) колінчастого валу;

$N_{e \max}$ – максимальна потужність, розрахована за формулою (2.4), прийнята у кВт;

c_1 , c_2 – емпіричні коефіцієнти (для бензинових двигунів $c_1 = 1,0$, $c_2 = 1,0$).

За врахування емпіричних коефіцієнтів та відношення $\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}}$ на всіх

швидкісних режимах роботи двигуна, отримуємо наступні значення:

$$N_{e1} = 0,235 N_{e \max} = 0,235 \cdot 209 = 155,08 \text{ кВт};$$

$$N_{e2} = 0,496 N_{e \max} = 0,496 \cdot 209 = 78,58 \text{ кВт};$$

$$N_{e3} = 0,625 N_{e \max} = 0,625 \cdot 209 = 130,42 \text{ кВт};$$

$$N_{e4} = 0,744 N_{e \max} = 0,744 \cdot 209 = 166,57 \text{ кВт};$$

$$N_{e5} = 0,928 N_{e \max} = 0,928 \cdot 209 = 177,23 \text{ кВт};$$

$$N_{e6} = N_{e \max} = 209 \text{ кВт};$$

$$N_{e7} = 0,912 N_{e \max} = 0,912 \cdot 209 = 0,0 \text{ кВт}$$

Отримані значення занесені у (див. табл. 2.1)

Тоді, N_{ei} (кВт) та $n_{\partial i}$ (об/хв), крутний момент $M_{\partial i}$ (Н·м) двигуна отримаємо із відношення:

$$M_{\partial i} = \frac{30 \cdot 10^3 N_{ei}}{\pi n_{\partial i}}. \quad (2.7)$$

Відповідно:

$$M_{\partial 1} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 155,08}{3,14 \cdot 1820} = 814,10 \text{ Нм};$$

$$M_{\partial 2} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 78,58}{3,14 \cdot 1040} = 721,89 \text{ Нм};$$

$$M_{\partial 3} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 130,42}{3,14 \cdot 1560} = 798,75 \text{ Нм};$$

$$M_{\partial 4} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 166,57}{3,14 \cdot 1950} = 816,12 \text{ Нм};$$

$$M_{\partial 5} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 177,23}{3,14 \cdot 2080} = 814,08 \text{ Нм};$$

$$M_{\partial 6} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 209}{3,14 \cdot 2600} = 768,01 \text{ Нм};$$

$$M_{\partial 7} = \frac{30 \cdot 10^3 \cdot 0,0}{3,14 \cdot 2860} = 0,0 \text{ Нм}.$$

Питома ефективна витрата палива визначиться за емпіричною залежністю [10]:

$$g_{ei} = g_{eN} \left[c_3 - c_4 \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right) + c_5 \left(\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}} \right)^2 \right], \quad (2.8)$$

де g_{ei} – текуче значення питомої ефективної витрати палива (г/кВт·год), яке відповідає відношенню $\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}}$;

g_{eN} – питома ефективна витрата палива, за випадку максимальної потужності двигуна, $g_{eN} = 205$ г/кВт·год;

c_3, c_4, c_5 – емпіричні коефіцієнти (для бензинових двигунів $c_3 = 1,2$, $c_4 = 1,0$, $c_5 = 0,8$).

Із за врахування відношення $\frac{n_{\partial i}}{n_{\partial N}}$ (на всіх швидкісних режимах роботи двигуна), згідно (2.9) отримаємо:

$$g_{e1} = 1,032 \cdot g_{eN} = 1,032 \cdot 205 = 203,98 \text{ г/кВт}\cdot\text{год};$$

$$g_{e2} = 0,928 \cdot g_{eN} = 0,928 \cdot 205 = 223,45 \text{ г/кВт}\cdot\text{год};$$

$$g_{e3} = 0,90 \cdot g_{eN} = 0,90 \cdot 205 = 200,9 \text{ г/кВт}\cdot\text{год};$$

$$g_{e4} = 0,888 \cdot g_{eN} = 0,888 \cdot 205 = 194,75 \text{ г/кВт}\cdot\text{год};$$

$$g_{e5} = 0,912 \cdot g_{eN} = 0,912 \cdot 205 = 194,75 \text{ г/кВт}\cdot\text{год};$$

$$g_{e6} = g_{eN} = 205 \text{ г/кВт}\cdot\text{год};$$

$$g_{e7} = 1,152 \cdot g_{eN} = 1,152 \cdot 205 = \text{ г/кВт}\cdot\text{год}.$$

Тоді, за g_{ei} (г/кВт·год) та N_{ei} (кВт), годинна витрата палива G_{mi} (кг/год) становить:

$$G_{mi} = \frac{g_{ei} N_{ei}}{10^3}. \quad (2.9)$$

$$G_{m1} = \frac{203,98 \cdot 155,08}{10^3} = 31,63 \text{ кг/год};$$

$$G_{m2} = \frac{223,45 \cdot 78,58}{10^3} = 17,56 \text{ кг/год};$$

$$G_{m3} = \frac{200,9 \cdot 130,42}{10^3} = 26,20 \text{ кг/год};$$

$$G_{m4} = \frac{194,75 \cdot 166,57}{10^3} = 32,44 \text{ кг/год};$$

$$G_{m5} = \frac{194,75 \cdot 177,23}{10^3} = 34,52 \text{ кг/год};$$

$$G_{m6} = \frac{205 \cdot 209}{10^3} = 42,85 \text{ кг/год};$$

$$G_{m7} = \frac{0,0}{10^3} = 10,71 \text{ кг/год}.$$

Отримані значення, занесенні у (див. табл. 2.1).

2.3.1 Передатне число головної передачі

Передатне число i_0 головної передачі (перед якою встановлено модуль гальмівної системи) знаходиться за умови руху автомобіля на максимальній швидкості V_{\max} (км/год) та найвищій z -й передачі, відповідно:

$$i_0 = 0,377 \frac{n_{\partial V} r_{\kappa}}{i_{\kappa z} V_{\max}}, \quad (2.10)$$

де $n_{\partial V}$ – частота обертання колінчастого валу двигуна (об/хв), за максимальної швидкості руху автомобіля;

r_{κ} – динамічний радіус коліс, є постійним і рівним статичному радіусу, $r_{cm} = r_{\kappa} = 0,5$ м;

$i_{\kappa z}$ – передатне число коробки передач на найвищій z -й передачі (приймаємо $i_{\kappa z} = 1$).

$$i_0 = 0,377 \frac{2600 \cdot 0,5}{1 \cdot 100} = 4,90.$$

2.3.2 Передатні числа коробки передач

Виходячи з умови забезпечення зчеплення ведучих коліс автомобіля з дорогою (опорною поверхнею), передатне число $i_{\kappa 1}$ коробки передач на першій передачі дорівнює:

$$i_{k1} = \frac{\varphi \lambda_k m_{a \max} g r_k}{M_{\partial \max} i_0 \eta_{mp}}, \quad (2.11)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення ведучих коліс з дорогою, приймаємо 0,7;

λ_k – коефіцієнт навантаження ведучих коліс $\lambda_k = 0,72$;

$m_{a \max}$ – повна маса автомобіля, $m_{a \max} = 14286$ кг;

g – прискорення вільного падіння, $9,81$ м/с²;

r_k – динамічний радіус коліс, $r_k = 0,5$ м;

$M_{\partial \max}$ – максимальне значення крутного моменту двигуна, $M_{\partial \max} = 816,12$ Н·м;

i_0 – передатне число головної передачі (розрахункове);

η_{mp} – механічний к.к.д. трансмісії ($\eta_{mp} = 0,9$);

$$i_{k1} = \frac{0,7 \cdot 0,72 \cdot 14286 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{816,12 \cdot 4,90 \cdot 0,9} = 9,81.$$

Передатні числа коробки передач вибираємо таким чином, щоб забезпечити постійний інтервал зміни частоти обертання колінчастого валу двигуна на різних передачах. Для досягнення цього ряду передач, формуємо його за принципом геометричної прогресії, де q знаходимо:

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{i_{k1}}{i_{kz}}}, \quad (2.12)$$

де z – кількість передач;

i_{k1} , i_{kz} – передатні числа коробки передач відповідно на першій та найвищій z -й передачах ($i_{kz} = 1$).

$$q = \sqrt[5-1]{\frac{9,81}{1}} = 1,770.$$

Знаючи передатне число $i_{\kappa 1}$ і знаменник q геометричного ряду передач, встановлюються передатні числа $i_{\kappa z'}$ коробки передач на всіх передачах ($z' = 1, 2, 3, \dots, z$):

$$i_{\kappa 1} = \frac{i_{\kappa 1}}{q^0} = \frac{9,81}{1,770^0} = 9,81;$$

$$i_{\kappa 2} = \frac{i_{\kappa 1}}{q^1} = \frac{9,81}{1,770^1} = 5,54;$$

$$i_{\kappa 3} = \frac{i_{\kappa 1}}{q^2} = \frac{9,81}{1,770^2} = 3,13;$$

$$i_{\kappa 4} = \frac{i_{\kappa 1}}{q^3} = \frac{9,81}{1,770^3} = 1,77;$$

$$i_{\kappa 5} = \frac{i_{\kappa 1}}{q^4} = \frac{9,81}{1,770^4} = 1.$$

Аналізуючи проведений розрахунок, можна стверджувати, що модернізована гальмівна система (у конструкції якої знаходиться гідравлічний ритардер і головний супорт із дисковим гальмівним механізмом) не чинить супротивного опору, а тільки підвищує експлуатаційні показники автомобіля.

2.4 Висновки

Проведено частковий динамічний розрахунок автомобіля, та отримано передаточне число коробки передач $i_{\kappa 4} = 1,77$, за якого процес заносу автомобільного транспортного засобу буде найменший. При цьому, передаточне число головної передачі (із додатковим пристроєм) складе $i_0 = 4,9$.

3. РОЗДІЛ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Механізми керування гальмівними системами

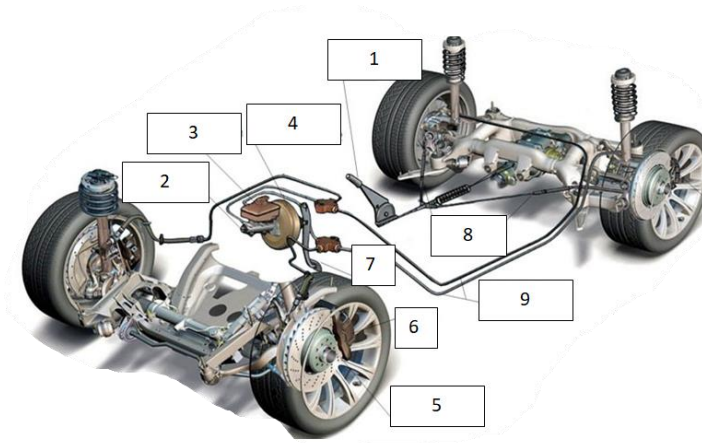
Будь-який транспортний засіб передбачає наявність справної гальмівної системи. Перш, ніж приступити до покрокових інструкцій її діагностики, слід знати конструктивні особливості. А відповідно, передачу зусилля від педалі приводу до супортів (тобто освоїти вид механізму, що управляє). Розрізняють наступні гальмівні системи: механічні, гідравлічні, пневматичні, електропневматичні. У деяких автомобілях, трапляються змішані гідропневматичні системи. Кожна з конструкцій, включає елементи гальмування та механізми, які активуються керуючим приводом, завдяки гальмівній рідині. Для надійної роботи будь-якої із систем, необхідна регулярна перевірка та своєчасна заміна гальмівної рідини.

Автомобілі обладнують кількома незалежними системами гальмування:

1. Основне гальмо - це гальмування коліс колодками, при натисканні на педаль гальма;
2. Стоянкове гальмо - утримування ходу автомобіля, блокованими елементами шасі, приводом яких являється важіль ручного гальма;
3. Аварійне додаткове гальмо ABS - антиблокувальна система, яка не дозволяє руху автомобіля увійти в некерований занос;
4. Додаткові гальма-сповільнювачі: дозволяють зберігати швидкість під час руху затяжним спуском.

Будь-який з пристроїв можна вважати багаторівневим механізмом, що створює посилений опір руху, за різних умов експлуатації.

На рис. 3.1, зображено конструктивні елементи гальмівної системи сучасного легкового автомобіля [4].



1 – важіль головного гальма; 2 – головний гальмівний циліндр; 3 – розширювальний бачок; 4 – вакуумний підсилювач; 5 – гальмівний диск; 6 – супорт; 7 – педаль гальма; 8 – привод стоянкового гальма; 9 – рідинні магістралі високого тиску

Рисунок 3.1 – Конструктивні елементи гальмівної системи легкового автомобіля

3.2 Методика алгоритму роботи гальмівної системи автомобіля

Основна місія гальмівного механізму, полягає у передачі збільшеної сили від педалі гальма або важеля ручного гальма до елементів стримування. Натискання на педаль гальма, сприяє переміщенню поршнів головного гальмівного циліндра та зростання тиску гальмівної рідини в магістралях, що приводить у дію гальмівні колодки, які блокують та зупиняють диски чи барабани коліс. Як тільки педаль гальма займає нейтральне положення, тиск гальмівної рідини знижується, що зумовлює відвід гальмівних колодок від колісних барабанів.

Ефективність та надійність автомобільної гальмівної системи – основа безпеки. Коли відбувається знос будь-яких елементів ланки гальмівної системи, спостерігається помітна зміна в керованості. Сумнівна робота виконавчих елементів, може спровокувати раптову відмову, що є вкрай небезпечним під час експлуатації автомобіля. Комплексну перевірку гальм

слід проводити щорічно при плановому технічному обслуговуванні автомобіля. Діагностика гальмівних систем, дасть оцінку працездатності та допоможе виявити зношеність компонентів.

На рис. 3.2, представлено виконавчий механізм гальмівної системи сучасного автомобіля.

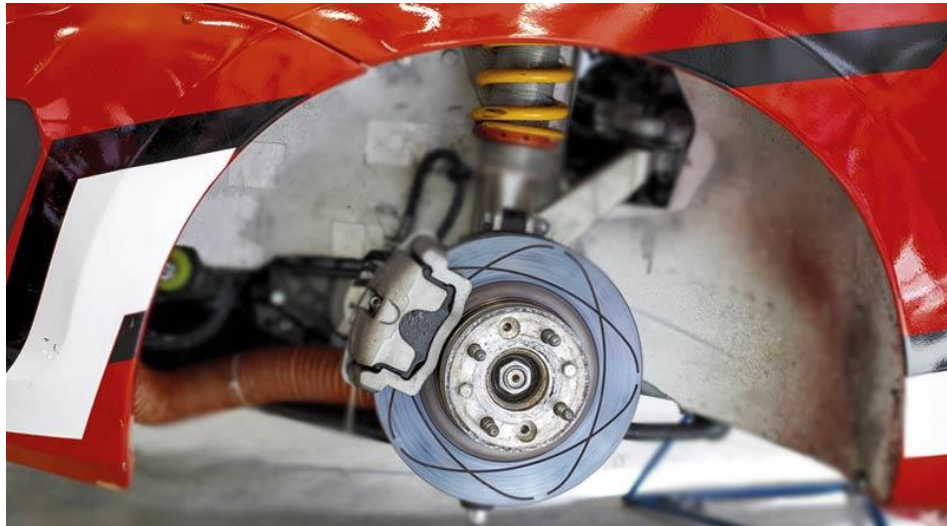


Рисунок 3.2 – Виконавчий механізм гальмівної системи легкового автомобіля.

3.3 Особливості догляду за гальмівною системою

Гальмівна система будь якого транспортного засобу, вимагає ретельного і якісного технічного обслуговування, що обумовлюється:

1. Гальмівною рідиною відповідної якості. Автомобільні гальмівні системи різних машин працюють у різних режимах. Відповідність специфікації, дуже важлива для коректної роботи системи. Виробники автомобілів завжди рекомендують, який вид і в'язкість слід використовувати для певної марки та моделі автомобільного транспортного засобу. Також слід дотримуватися термінів заміни рідини. Зумовлено це тим, що згодом відпрацьована гальмівна рідина змінює хімічний склад та властивості.

2. Перевірка рівня гальмівної рідини. Тобто, у бачку для гальмівної

рідини є розмітка "min" і "max". Для сучасних автомобілів, додатково передбачено сигнальний датчик на панелі приладів. Слід регулярно стежити та перевіряти стан рідини. Нестача її у бачку гальмівної системи, призводить до потрапляння у робочі циліндри повітряних мас, що може спричинити безліч проблем у роботі гальмівної системи.

3. Слід остерігатися зайвих доливань гальмівної рідини у бачок. У складі рідини є токсичні речовини, здатні нашкодити ряд матеріалів, які являються частиною гальмівної системи. Необхідно уникати розтікання рідини поза системою. Попадання складу під час взаємодії з киснем швидко призводить до корозії металів.

4. Необхідно здійснювати періодичну діагностику вакуумного підсилювача. Випробування вакуумного підсилювача можна виконати прямо із салону автомобіля. Для цієї перевірки, необхідно кілька разів натиснути педаль, тобто, при натиснутому гальмі увімкнути запалювання. У цей момент, педаль повинна м'яко провалитися до певного рівня, не видаючи при цьому шумів. Зайвий шум повітряних мас, при використанні педалі гальма, є першою ознакою того, що вакуумний підсилювач потребує заміни.

5. Перевірка гальмівних колодок та дисків. Свист гальмівних колодок, стане першим свідченням зношування, не порівнянним із нормальною роботою гальм. Кожні 10 тис. км пробігу, рекомендують здійснювати перевірку та заміну накладок на колодки, розмір яких не може бути меншим, ніж 10 мм. Використання зношених накладок загрожує безпеці управління та потребує термінової заміни. Слід використовувати модельний підбір деталей для конкретних авто.

6. Регулювання ходу гальмівної педалі. У кожного автомобіля щодо днища автомобіля, є нормативне положення педалі гальма. Всі елементи гальмівної системи можуть працювати відмінно, але через відсутність вільного ходу педалі гальма, порушується її якісна робота. Якщо у педалі гальма присутня деяка усадка, слід негайно провести регулювання.

7. Перевірка справності гальмівного циліндра. Проблеми гальмівного

циліндра завжди призводять до низки змін під час керування автомобілем. При несправності цього важливого елемента, відбувається затримка реакції спрацювання виконавчого механізму гальма. Зі збільшенням наростання тиску на педаль, сила гальмування не збільшується (педаль провалюється). А це ознака явних неполадок циліндра.

8. Перевірка ручного гальма. Стоянкове гальмо використовують у процесі початкового руху автомобіля на підйом, стоїть на парковці чи фіксується при аварійній ситуації (коли водій залишає автомобіль). Перевірку ручного гальма здійснюється слідує таким чином: Важіль гальма підводиться у гору на 3-4 фіксуючих сегмента, (максимальне підняття). Якщо даний процес супроводжується збільшеною кількістю ходу, це ознака необхідності регулювання троса приводу (укорочення). Проблеми неправильно відрегульованого важеля, це - якість утримання автомобіля на схилі.

9. Присутність повітря у гідромеханічній гальмівній системі. Якщо автомобіль реагує на гальмування не з першого натискання на педаль, це свідчення наявності повітря у системі. Дана ситуація може виникнути за наступних факторів:

- у бачку головного циліндра, не вистачає гальмівної рідини;
- зношені ущільнювачі та манжети;
- магістральні трубки та шланги втратили герметичність.

Перед тим, як самостійно здійснювати прокачування повітря гальмівної системи, слід перевірити наявність пошкоджень. Після візуального огляду, долити свіжу гальмівну рідину у бачок і кілька разів натиснути на педаль гальма, щоб видавити повітряні бульбашки із системи.

3.4 Конструктивні особливості модернізованої гальмівної системи легкового автомобіля

Для підвищення ефективності роботи гальмівної системи сучасного

автомобіля, нами запропоновано встановити гідравлічний пристрій (ретардер) перед головною передачею приводного редуктора, рис. 3.3.

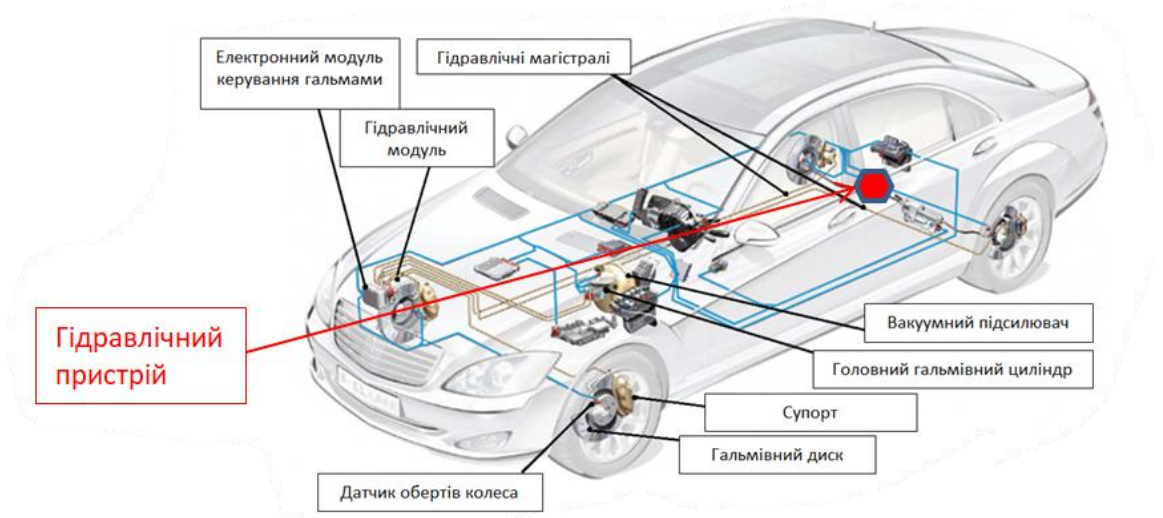


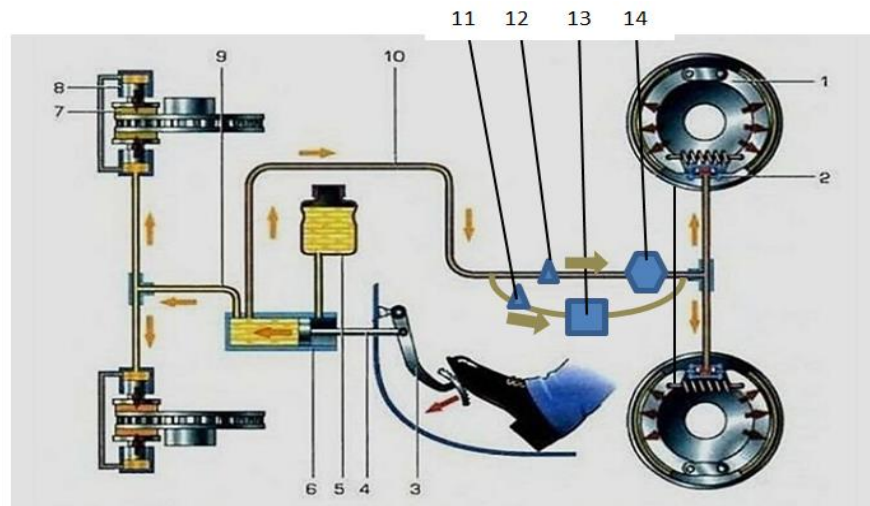
Рисунок 3.3 – Модернізована гальмівна система легкового автомобіля.

Слід зазначити, що дану модернізовану систему, необхідно використовувати тільки за важких умов експлуатації автомобіля (засніжена дорога, ожиледиця, мокре дорожнє полотно і інш..).

Запропонована гальмівна система працює наступним чином: Під час руху автомобіля по слизькій дорозі, є часткова необхідність використання зменшення ходу транспортного засобу:

1. Гальмування двигуном (плавне перемикання на понижену передачу);
2. Вмикається запропонований гідравлічний пристрій (ретардер), що приводиться у дію гальмівною рідиною системи (через електромагнітний клапан);
3. Після пристрою, спрацьовує ABS система.

Конструктивно-технологічна схема модернізованої гальмівної системи, представлена на рис. 3.4.



1 – гальмівна колодка; 2 – гальмівний циліндр; 3 – педаль гальма; 4 – шток із поршнем; 5 – бачок; 6 – головний гальмівний циліндр; 7 – гальмівна колодка; 8 – робочий гальмівний циліндр; 9 – гідро-магістраль передніх коліс; 10 – гідро-магістраль задніх коліс; 11 – електромагнітний клапан системи ABS; 12 - електромагнітний клапан вмикання додаткового гідро-пристрою; 13 – система ABS; 14 – гідро-пристрій

Рисунок 3.4 – Модернізована гальмівна система.

Використання додаткового гідро-пристрою у гальмівній системі автомобіля, дозволить продовжити процес м'якого сповільнення транспортного засобу, відповідно що до двигуна внутрішнього згорання.

Робота додаткового пристрою, забезпечить сповільнення автомобіля без заносу, що значно збільшить стійкість його під час маневрів.

3.5 Формування операційної карти на модернізацію гальмівної системи легкового автомобіля

Під час експлуатації сучасних автомобілів на слизьких дорогах, не зважаючи на наявність ряд додаткових виконавчих засобів, що вмонтовані у гальмівну систему, у більшості випадків, деяка частина автомобілів зазнають дорожньо транспортних пригод. Особливо це стосується важких дорожніх

умов, тобто, експлуатаційник не справляється із керуванням автомобіля, про що свідчить статистика, рис. 3.5 [22].

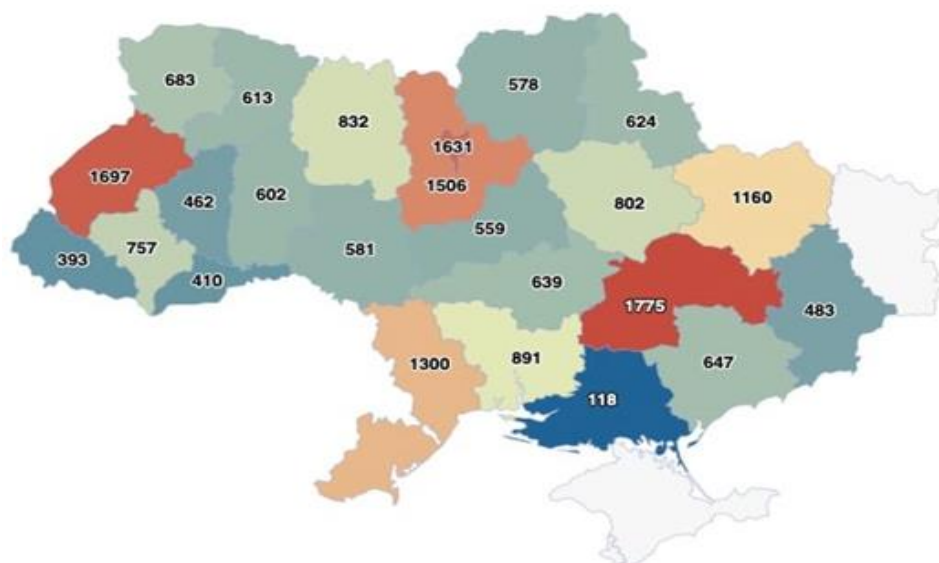


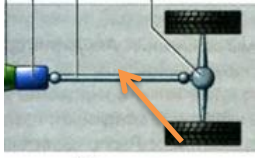
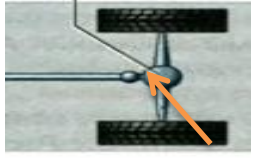
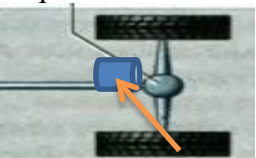
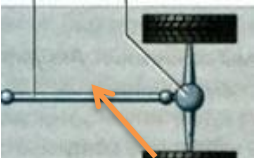


Рисунок 3.5 – Статистика дорожньо-транспортних пригод в Україні за січень –жовтень 2023р (з них 1,8 % припадає на відмову гальмівної системи).


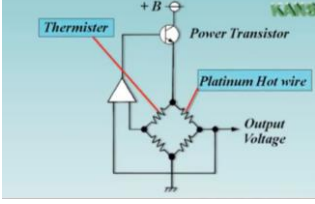

Для підвищення якості керування автомобілем, нами пропонується встановити у гальмівну систему додатковий виконавчий елемент – гідросповільнювач, що буде виконувати додатковий процес плавного сповільнення автомобіля на слизькому дорожньому полотні.

У табл. 3.1, представлено технологічно-операційну карту, на встановлення даного робочого пристрою.

Таблиця 3.1 – Технологічно-операційна карта на встановлення гідравлічного гальмівного пристрою

№ операції	Вид операцій	Складові елементи	Обладнання для проведення операцій	Час проведення операцій, хв.
1	Від'єднання «-»клеми із АКБ 	Клема «-» АКБ	Ключ на 13 мм	До 10

Продовження таблиці 3.1				
2	<p>Демонтаж карданного валу</p> 	Болти М6х14	Ключ на 13 мм	До 20
3	<p>Встановлення нерухомого фланця на корпус рукторра</p> 	Зварювальні роботи	Обладнання для зварювання	До 120
4	<p>Встановлення гідро-пристрою</p> 	Гідроприсрій	Рукавиці, набір ключів	До 240
5	<p>Встановлення та балансування карданного валу</p> 	Карданний вал	Набір ключів	До 120
6	<p>Під'єднання гідро-приводу до пристрою гальмівної системи</p> 	Трубки, шланги	Комплект ключів	150
7	<p>Під'єднання вмикача гідро-сповільнювача</p> 	Вмикач і електропровідники	Комплект ключів	До 100

Продовження таблиці 3.2				
9	Встановлення електромагнітного клапану 	Клапан	Комплект ключів	До 180
10	Перевірка технічного стану на вмикання електромагнітного клапану, за схемою 	Ел. провідники виконавчих елементів	Мультиметр	До 60
11	Перевірка роботи гідро-пристрою 	Гальмівна система з додатковим гідро-пристроєм для сповільнення автомобіля	Якість процесу сповільнення автомобіля на слизькому дорожньому полотні	До 60
Загальна тривалість операцій				1180/20

Представлена технологічно-операційна карта є важливим інформаційним документом для працівників станції технічного обслуговування. Наявність цієї карти дозволить технічним спеціалістам, швидко та правильно вибрати необхідний інструмент для оперативного та контрольованого демонтажу чи монтажу гідро-сповільнювача обертів головної передачі. Завдяки цьому пристрою (за важких умов експлуатації автомобіля), збільшується маневреність автомобіля та відповідно, підвищуються економічні показники.

На основі розробленої технологічної карти, нами представлена скорочена схема проведення операцій, на встановлення у трансмісію легкового автомобіля гідро-сповільнювача, як додаткового виконавчого механізму для гальмівної системи, рис. 3.2.

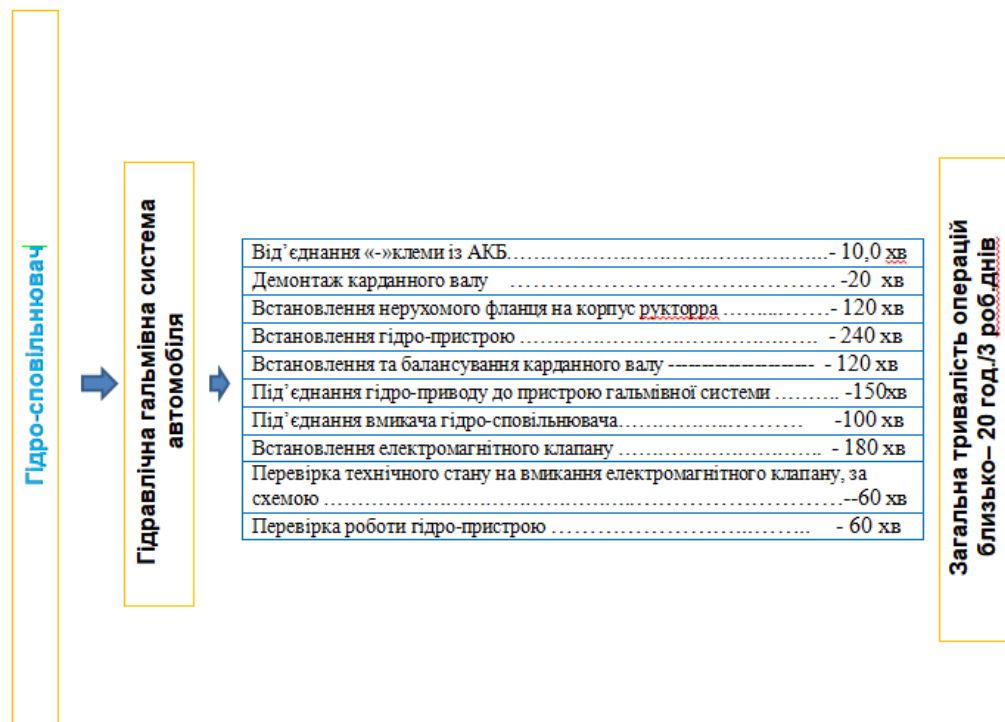


Рисунок 3.4 – Скорочена форма технологічно-операційної карти на встановлення гідро-сповільнювача у трансмісію легкового автомобіля.

Розроблена технологічно операційна карта, дозволить оптимізувати процеси на монтаж чи демонтаж новоствореного гідро-сповільнювача (який працює, завдяки тиску гальмівної рідини).

3.6 Висновки

Розроблено технологічно-операційну карту на монтаж і демонтаж гідро-сповільнювача легкового автомобіля.

Гідро-сповільнювач слід встановлювати тільки на автомобілі із заднім приводним мостом.

Тривалість операцій на модернізацію гідравлічної гальмівної системи легкового автомобіля складе близько 20 год.

4. РОЗДІЛ. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Структурно-функціональний аналіз виникнення небезпечних ситуацій

Наявність електронного обладнання на автомобілі, вимагає стабільної подачі електричної енергії від бортових джерел (без будь яких перепадів напруги). Тому, під час проведення діагностики, слід суворо дотримуватися наступних запобіжних заходів [2],[16]:

- не допускати відключення акумулятора від бортової електромережі автомобіля за працюючого двигуна.
- під час дозарядки (від зовнішнього джерела) акумулятора, слід вимкнути бортову електромережу.
- перед демонтажем будь-яких елементів ЕСУД, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї.
- не допускається підключення або відключення елементів (давачів та виконавчих пристроїв функціональних систем) ЕСУ під час увімкненого запалювання.
- перед проведенням електрозварювальних робіт, необхідно від'єднати мінусову клему акумуляторної батареї та елементи ЕСУ.
- не допускається піддавати ЕБУ, впливу температури вище 80 °С.
- для виключення корозії з'єднувальних електричних пинів (під час очистки), забороняється спрямовувати струмінь пари на елементи ЕСУД.
- щоб уникнути пошкодження справних вузлів, не допускається застосування контрольно-вимірювального обладнання, не зазначеного в діагностичних картах.
- вимірювання напруги, слід виконувати вольтметром з номінальним внутрішнім опором 10 МОм.
- для запобігання пошкодження електронного обладнання електростатичним зарядом, забороняється торкатися контактних пинів (з'єднувачів або

елементів) друкованої плати ЕБУ.

Відповідно, з впровадженням стандартів OBD-II та EOBD, процес діагностики ЕБУ автомобіля уніфікується. На вимогу цих стандартів, одне діагностичне обладнання можна використовувати для тестування автомобілів різних марок. Основною відмінністю стандарту EOBD від OBD-II, є закріплення в наборі його протоколів обміну даними протоколу CAN, впровадженого фірмою BOSCH.

Небезпечні умови відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек - певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які:

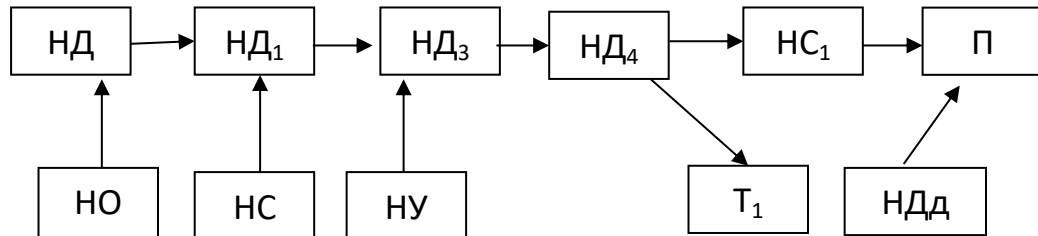
- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого вузла чи машини та інші;

- спонукають працівника допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працівника та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;

- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обґрунтовані режими роботи обладнання та ін.);

- призводять до небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та ін.).

Нами розроблена схема травмонебезпечних ситуацій, під час проведення операцій на встановлення гідро-сповільнювача у гальмівну систему легкового автомобіля, рис, 4.1.



НД – розгвинчування корпусних хомутів; НО – можливе зіскакування відвертки із посадкового місця з головки гвинта; НД₁ – демонтаж карданного валу; НС – можливе травмування кінцівок; НД₃ – роз’єднання робочого електронного елемента; НУ – необхідно корпус закріпити у лещата із м’якими вставками; НД₄ – промивка леткою аерозольною речовиною модернізованого вузла; Т₂ – отравлення дихальних шляхів; НС₁ – під час запуску двигуна, можливий пробій струмом (вологі руки); П – отравлення чадним газом зі сторони випускного колектора; НДд – необхідна допомога іншої особи

Рисунок 4.1 - Блок-схема небезпечних ситуацій під час монтажу гідро-сповільнювача.

4.2 Пожежна безпека

Захист будівель і інших споруд від прямих попадань блискавки, використовують блискавковідводи, що являють собою добре заземленими провідниками, розміщуються вище будівель чи споруд, які потребують захисту.

Вони монтуються на відстані не менше як на 15 см і не більше 2 м вище підтримуючого стояка. Заземлення виконують із кутової сталі на відстані 1 м від фундаменту будівлі. Опір розтікання заземлення не повинен перевищувати 10 Ом.

Для розрахунку блискавковідводу станції ТО, необхідно знати розміри будівлі (вона становить 50x20x8 м).

У подальшому, розрахунок проводять за наступною методикою. Приймається довільна висота блискавковідводу h , м (приблизно $2h_x$) і визначаються контури захисних зон, що утворюються. Якщо у випадку споруда знаходиться в її межах, розрахунки припиняються або висота блискавковідводу і зводиться до оптимальних розмірів, що є економічно вигідно.

Радіус захисту r_x подвійного блискавковідводу одинарного стержневого захисту висотою менше 30м (рис. 5.1) визначиться за відношенням [2]:

$$r_x = 1,6 \cdot h \cdot \frac{h - h_x}{h + h_x} \quad (4.1)$$

де h – висота блискавковідводу, м;

h_x – висота будівлі, м.

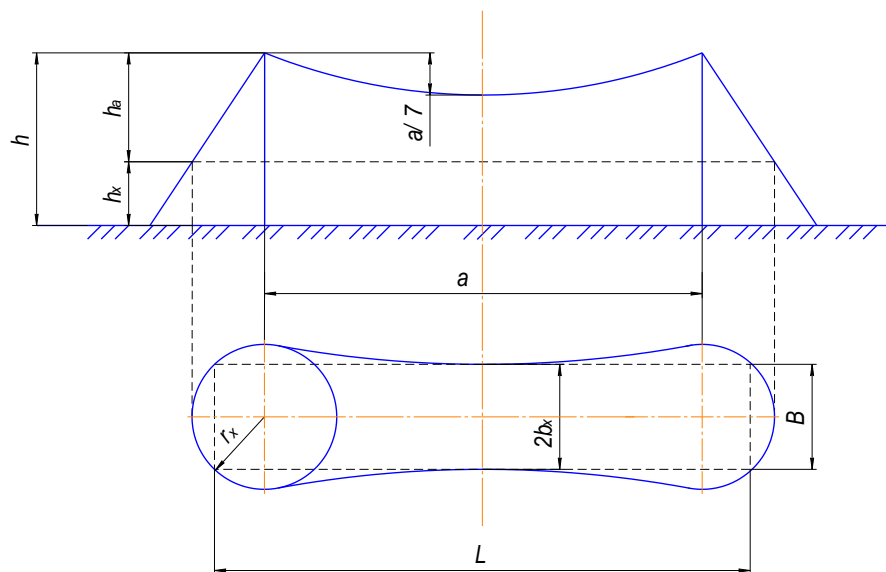


Рисунок 4.1 - Схема блискавкового захисту станції від пожежі.

Приймаємо висоту блискавковідводу $h = 20$ м.

Тоді ,

$$r_x = 1,6 \cdot 20 \cdot \frac{20-8}{20+8} = 13,7 \text{ м}$$

Захисна дія блискавкозахисту характеризується коефіцієнтом захисту k_x :

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h}}. \quad (4.2)$$

Тоді,

$$k_x = \frac{1,6}{1 + \frac{8}{20}} = 1,14$$

Граничний коефіцієнт k_x за висоти блискавковідводу менше 30м становить 1,14.

Ширина внутрішньої захисної зони $2b_x$ на висоті h_x визначиться за формулою:

$$2b_x = \frac{7h_a - a}{14h_a - a} \cdot 4r_x \quad (4.3)$$

де h_a – активна висота блискавковідводу, м;

a – віддаль між блискавковідводами, м.

$$h_a = h - h_x, \quad (4.4)$$

тоді,

$$20 - 8 = 12 \text{ м}$$

Для прямокутних будівель

$$a = L - B. \quad (4.5)$$

Відповідно,

$$a = 50 - 20 = 30 \text{ м}$$

Тоді, розрахункова ширина внутрішньої захисної зони буде рівна:

$$2b_x = \frac{7 \cdot 12 - 30}{14 \cdot 12 - 30} \cdot 4 \cdot 13,7 = 27,43 \text{ м}$$

Отже, навівши контури захисної зони для будівлі СТО, отримали позитивну захисну зону від ударів блискавки.

4.3 Обґрунтування організаційно-технічних рекомендацій з охорони праці

Вплив автомобільного транспорту в забрудненні навколишнього середовища і негативному впливі на населення (очевидно) ще більш істотний, ніж прийнято вважати, саме [16]-[19]:

1. Основна кількість автомобільного транспорту зосереджена в місцях з високою щільністю населення - містах, промислових центрах;

2. Шкідливі викиди від автомобілів виробляються в самих нижніх, приземних шарах атмосфери, там, де протікає основна життєдіяльність людини і де умови для їхнього розсіювання є найгіршими;

3. Відпрацьовані гази двигунів автомобілів містять висококонцентровані токсичні компоненти, що є основними забруднювачами атмосфери. Час, протягом якого шкідливі речовини природним способом зберігаються в атмосфері, оцінюється від десяти діб до півроку. Слід зазначити, що у відпрацьованих газах автомобільних двигунів міститься більш 200 токсичних хімічних сполук, велика частина яких представляє різні вуглеводні. Крім прямого негативного впливу на людину, викиди від автотранспорту наносять і непрямої шкоди. Так, підвищення концентрації кінцевого продукту горіння автотранспортного палива - діоксид вуглецю, призводить до глобального підвищення температури земної атмосфери (так званий парниковий ефект). На думку багатьох експертів, наслідком цього, є такі природні катаклізми, як масштабні пожежі в Південно-Східній Азії, Америці, Сибіру, повені в Європі й Азії.

З'єднання сірки та оксиди азоту, що викидаються в атмосферу з відпрацьованими газами двигунів, піддаються хімічним перетворенням, формуючи різні кислоти і солі. Такі речовини повертаються на землю у вигляді "кислотних" дощів. Дослідниками доведено, що кислотні опади наносять значну шкоду водним екосистемам, ведуть до знищення фауни, викликають підвищену корозію металів і руйнування будівельних

конструкцій. Крім того, оксиди азоту сприяють фарбуванню повітря в коричневий колір, а в сполученні з різними аерозолями викликають грязьовий туман (смог), погіршуючи видимість.

Основними проблемами, зв'язаними з якістю автотоплив, є :

- низьке октанове число в більшій частині реалізованих бензинів;
- незначні обсяги виробництва зимових сортів дизельного палива.

І тому, такий стан речей не дає гарантій ефективного використання нафтопродуктів, призводить до необхідності підвищеного споживання автотоплив і знижує ресурс двигунів автомобілів. До того ж в Україні реалізується значна частина так званих етилованих (тобто утримуючих свинець, бензину). Формулювання " значна частина" викликано тим, що після приватизаційних процесів, що пройшли в нафторосподільному секторі, значно зменшився контроль за кількістю і якістю нафтопродуктів, що поставляються на ринок.

4.4 Висновки

Розглянуто заходи та змодельовано небезпечні ситуації, які можуть передбачити виникнення небезпечних ситуацій під час виконання діагностичних і технічних робіт з модернізації гальмівної системи легкового автомобіля.

Проведено аналіз організаційно-технічних рекомендацій, щодо охорони праці, що впливають на систему заходів та оцінку стану під час діагностичних і модернізованих робіт гальмівної системи сучасного автомобіля.

5. РОЗДІЛ. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок експлуатаційних витрат

Якісна робота гальмівної системи сучасного автомобіля значною мірою залежить від вчасності її спрацювання та від м'якості роботи у важких умовах експлуатації. Для підвищення ефективності роботи системи, нами запропоновано додатковий гідро-пристрій, що підвищить керованість транспортного засобу. Це дозволить зменшити фінансові витрати на технічне обслуговування та на придбання паливо-мастильних матеріалів.

Тому, згідно з методикою [20], розрахуємо експлуатаційні витрати автомобіля, як за базової, так і при модернізованій системі.

Отже, витрати на експлуатацію автомобіля, визначаються за формулою:

$$Z = Z_n + Z_{зм} + Z_{ТО} + Z_{ав} + Z_{ш} + Z_{зн} \quad (6.1)$$

де Z_n – витрати на пальне;

$Z_{зм}$ – витрати на змащувальні матеріали, $Z_{зм} = 1,8$ грн./км;

$Z_{ТО}$ – витрати на технічне обслуговування;

$Z_{ав}$ – витрати на амортизаційні відрахування;

$Z_{ш}$ – витрати на шини, $Z_{ш} = 0,14$ грн./км;

$Z_{зн}$ – витрати на заробітну плату водія, $Z_{зн} = 9,80$ грн/км.

Фінансові витрати на придбання палива (з базовою системою), визначаємо за відомою формулою:

$$Z_n^{\bar{}} = \frac{C_n^{\bar{}} \cdot g}{100} \quad 6.2$$

де, $C_n^{\bar{}}$ – вартість палива, $C_n^{\bar{}} = 53,00$ грн./л [11];

g – витрата палива (з базовою), $g = 10,0$ л/100 км.

Тоді:

$$Z_n^{\bar{}} = \frac{53,00 \times 10,00}{100} = 5,30 \text{ грн./км}$$

Тоді, система гідро-сповільнювачем:

$$Z_n^e = \frac{c_n \cdot g_n}{100}, \quad 6.3$$

де, $g_{п.п}$ – витрата палива з новими амортизаторами, $g_{п.п} = 7,00$ л/100 км.

Отже:

$$Z_{п}^{сп} = \frac{53,00 \times 7,00}{100} = 3,71 \text{ грн./км}$$

Розрахунки показують, що витрати на придбання палива для автомобіля з модернізованою системою є нижчими, відносно несправної.

Тоді, витрати на ТО автомобіля:

$$Z_{то} = N_{тр} \cdot l_{тр} \cdot 10^{-3} \text{ грн./км} \quad 6.4$$

де, $N_{тр}$ – витрати на автомобіль з відновленою системою і несправною, $N_{тр} = 79,2$ грн./1000 км.

$$Z_{то} = 79,2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0792 \text{ грн/км}$$

Витрати на амортизаційні відрахування:

$$Z_{аморт} = \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_B}{10^5} + \frac{Ц \cdot l_p \cdot A_{кап.р}}{10^5}, \text{ грн} \quad 6.5$$

де, $Ц$ – балансова вартість автомобіля, $Ц = 120000,00$ грн.;

A_B – нормативні амортизаційні відрахування, $A_B = 0,22$ (0,24);

l_p – річний пробіг, приймаємо $l_p = 13000$ км;

$A_{кап.р}$ – нормативні відрахування на капітальний ремонт, $A_{кап.р} = 0,14$

$$Z_{аморт} = \frac{120000 \cdot 13000 \cdot 0,22}{10^5} + \frac{120000 \cdot 13000 \cdot 0,14}{10^5} = 3432,00 + 2184,00 = 5616,00 \text{ грн.}$$

Згідно виразу (6.1), отримаємо:

- з базовою

$$Z = 5,30 + 1,8 + 0,0792 + 0,24 + 0,14 + 9,80 = 17,36 \text{ грн/км};$$

- з модернізованою

$$Z = 3,71 + 1,8 + 0,0792 + 0,22 + 0,14 + 9,80 = 15,75 \text{ грн./км.}$$

А за річний пробіг, витрати будуть мати вигляд ($b = 0,1$ - коеф., що враховує експлуатацію із неякісно працюючою системою, тобто пробіг рівний близько 1500 км/рік):

- з модернізованою

$$Z_{д} = 15,75 \cdot 1500 = 23625,00 \text{ грн./рік};$$

- з базовою

$$Z_{д} = 17,36 \cdot 1500 = 26040,00 \text{ грн./рік}.$$

Отже, річний економічний ефект (з модернізованою системою) для 5 – ти автомобілів буде становити:

$$E = (26040,00 - 23625,00) \cdot 5 = 12075,00 \text{ грн./рік}$$

5.2 Висновки

Кількість палива, що використовує автомобіль під час експлуатації (з базовою гальмівною системою), є дещо вища і становить близько 0,03 л/км, порівняно із модернізованою.

Річний економічний ефект від використання модернізованої гальмівної системи для п'яти автомобілів, складе близько 12075,00 грн./рік

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Методи покращення роботи гальмівної системи сучасного автомобіля, в основному зосереджені на модернізації виконавчих механізмів системи (тобто швидкості їхнього спрацювання).

Дані модернізовані системи, як правило, не достатньо ефективно себе ведуть на дорогах зі слизьким покриттям (дощ, сніг і інш.).

Для підвищення ефективності роботи вище зазначеної системи, нами пропонується встановити у трансмісію автомобіля, додатковий пристрій, який би приводився у дію, на послідовному вмиканні гідроприводу робочих тормозних циліндрів і зазначеного вище пристрою.

Проведено частковий динамічний розрахунок автомобіля та отримано передаточне число коробки передач $i_{к4} = 1.77$, за якого процес заносу автомобільного транспортного засобу буде найменший. При цьому, передаточне число головної передачі (із додатковим пристроєм) складе $i_0 = 4.9$.

Розроблено технологічно-операційну карту на монтаж і демонтаж гідро-сповільнювача легкового автомобіля.

Гідро-сповільнювач слід встановлювати тільки на автомобілі із заднім приводним мостом.

Тривалість операцій на модернізацію гідравлічної гальмівної системи легкового автомобіля складе близько 20 год.

Розглянуто заходи та змодельовано небезпечні ситуації, які можуть передбачити виникнення небезпечних обставин під час виконання діагностичних і технічних робіт з модернізації гальмівної системи легкового автомобіля.

Проведено аналіз організаційно-технічних рекомендацій, щодо охорони праці, що впливають на систему заходів та оцінку стану під час діагностичних і модернізованих робіт гальмівної системи сучасного автомобіля.

Кількість палива, що використовує автомобіль під час експлуатації (з базовою гальмівною системою), є дещо вища і становить близько 0,03 л/км, порівняно із модернізованою.

Річний економічний ефект від використання модернізованої гальмівної системи для п'яти автомобілів, складе близько 12075,00 грн./рік

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гутаревич Ю. Ф. Зеркалов Д.В., Говорун А.Г Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник. К.: Арістей, 2006. 292 с.
2. Гряник І. М., Лахман С.Д. та інші Охорона праці: Київ.: Урожай. 1994. 187 с.
3. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів. Вид. Либідь.К.: 2018. 400 с.
4. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
5. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання Навчальний посібник .Вища школа, 2001. 180с.
6. Мигаль В.Д. Автомобільні двигуни внутрішнього згоряння. Параметри і системи управління: Учб. посібн. Харків: Майдан, 2016. 320 с.
7. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник). Львів:Львівський національний аграрний університет, 2016. – 236 с.
8. Бороденко Ю.М., Дзюбенко О.А., Биков О.М. Діагностика мехатронних систем автомобіля. Харків: ХНАДУ, 2015. 263 с.
9. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. К.: Каравела, 2004.-304с.
10. Яцун М. А. Електричні машини : навч. Посібник: 2-е вид., стерео. Львів : Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 428 с.
11. Лутченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. К.: Вища школа, 2007. 527 с.
12. Лутченко О.А. Технічна експлуатація і ремонт автомобілів: організація і управління. К.: Знання-Прес, 2004. 478 с.

13. Дембіцький В. М., Павлюк В. І., Придюк В. М. Технічна експлуатація автомобілів Навчальний посібник. Інформаційно-видавничий відділ Луцького національного технічного університету. 2018. 472.
14. Лутченко О.А. Технічна експлуатація і ремонт автомобілів: організація і управління. К.: Знання-Прес, 2004. 478 с.
15. Сукач О.М., Миронюк О.С., Паславський Р.І., Шевчук В.В. Методичні рекомендації для виконання кваліфікаційних робіт здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Львівський НУП, 2023. 44.
16. Тимочко В.О., Городецький І.М., Березовецький А.П., Мазур І.Б. та ін. Безпека життєдіяльності та охорона праці. *Навч. посібник*. Львів: Сполом. 2022. 376 с.
17. Пістун І. П., Березовецький А. П., Тимочко В. О., Городецький І. М. Охорона праці (гігієна праці та виробнича санітарія): *навч. посіб.* / за ред. І.П.Пістуна. Львів: Тріада плюс, 2017. Ч. І. 620 с.
18. Правила пожежної безпеки в Україні (ред. 22.01.2022 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення: 22.04.2023).
19. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text> (дата звернення: 25.04.2023).
20. Розрахунок економічної ефективності механізму [Електронний ресурс], режим доступу: <https://www.google.com/url>.
21. Навчальне середовище «Electude» [Електронний ресурс], режим доступу: <https://lnau.electude.eu>.
22. Дорожньо-транспортні пригоди у Україні за 2023 р., режим доступу: <https://uworld.news/news/za-2023>.