

3. Петренко, В. М. Дослідження впливу активних аеродинамічних елементів на енергоефективність електромобілів. *Автомобільний транспорт*, 2021. Вип. 48. С. 112–119.
4. Hucho, W. H. (Ed.). *Aerodynamics of Road Vehicles: From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering*. SAE International, 1998. 936 p.
5. Müller, A., & Schmidt, F. Active Aerodynamics in Modern Electric Vehicles. *Journal of Automotive Engineering*, 2022. Vol. 14. P. 88–104.
6. Katz, J. Aerodynamics of race cars and passenger vehicles. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 2006. Vol. 38. P. 27–63.

Науковий консультант: Писарцов О.С., доцент кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула, канд. техн. наук

Дехтяр Антон, ст. гр. АА-41-22

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДИСКОВИХ І БАРАБАННИХ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Залежно від конструкції фрикційної частини розрізняють барабанні та дискові гальмівні механізми. Гальмівний механізм складається з обертової та нерухомої частин. В якості частини, що не обертається, гальмівні колодки або стрічки в якості обертової частини барабанного механізму використовується гальмівний барабан, конструкція якого представлена на рисунку 1. [1, 2]

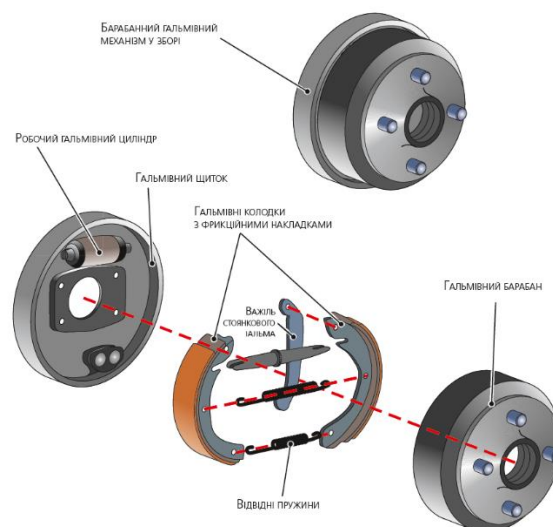


Рисунок 1 – Конструкція барабанного механізму

Частина дискового механізму, що обертається, представлена гальмівним диском, нерухома – гальмівними колодками. На передній та задній осях сучасних легкових автомобілів встановлюються, як правило, дискові гальмівні механізми. Дисковий гальмівний механізм складається з гальмівного диска, що обертається, з двох нерухомих колодок, встановлених усередині супорта з обох боків, конструкція якого представлена на рисунку 2.

Супорт закріплений на кронштейні. У пазах супорта встановлені робочі циліндри, які при гальмуванні притискають гальмівні колодки до диска. Гальмівний диск під час гальмування сильно нагрівається. Охолодження гальмівного диска здійснюється потоком повітря. Для найкращого відведення тепла на поверхні диска виконуються отвори. Такий диск називається вентильованим. Для підвищення ефективності гальмування та забезпечення стійкості до перегріву на спортивних автомобілях використовуються керамічні гальмівні диски [3, 4]. Гальмівні колодки притискаються до супорта пружинними елементами. До колодок прикріплено фрикційні накладки. На сучасних автомобілях гальмівні колодки оснащуються датчиком зношування. Гальмівний привід забезпечує керування гальмівними механізмами. У гальмівних системах

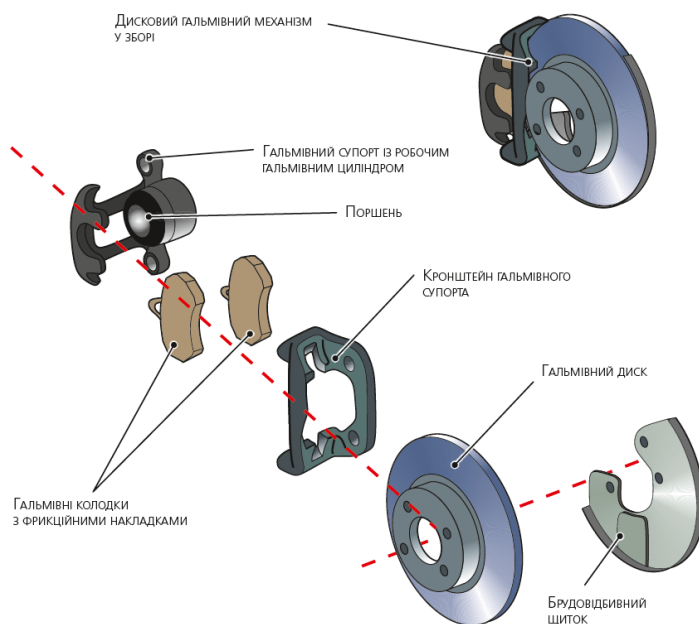


Рисунок 2 – Конструкція дискового гальмівного механізму

автомобілів застосовуються такі типи гальмівних приводів: механічний; комбінований; гідравлічний; пневматичний; електричний; Механічний привід використовується в стоянковій гальмівній системі. Механічний привід є системою тяг, важелів і тросів, що з'єднує важіль гальма стоянки з гальмівними механізмами задніх коліс. Він включає важіль приводу, 33 троси з регульованими наконечниками, вирівнювач тросів та важелі приводу колодок. На деяких моделях автомобілів стоянкова система приводиться в дію від ножної педалі, так зване стоянкове гальмо з ножним приводом.

Останнім часом в стоянковій системі широко використовується електропривод, а сам пристрій називається електромеханічне стоянкове гальмо. Гідравлічний привід є основним типом приводу у робочій гальмівній системі. Конструкція гідравлічного приводу включає гальмівну педаль, підсилювач гальм, головний гальмівний циліндр, колісні циліндри, з'єднувальні шланги та трубопроводи. Гальмівна педаль передає зусилля від ноги водія на головний гальмівний циліндр. Підсилювач гальм створює додаткове зусилля, що передається від педалі гальма. Найбільше застосування на автомобілях знайшов вакуумний підсилювач гальм.

Головний гальмівний циліндр створює тиск гальмівної рідини та нагнітає її до гальмівних циліндрів. На сучасних автомобілях застосовується здвоєний (тандемний) головний гальмівний циліндр, який утворює тиск для двох контурів. Над головним циліндром розширювальний бачок, призначений для поповнення гальмівної рідини у разі невеликих втрат [5].

Колісний циліндр забезпечує спрацювання гальмівного механізму, тобто. притискання гальмівних колодок до гальмівного диска (барабану). Для реалізації гальмівних функцій робота елементів гідроприводу організована за незалежними контурами. При виході з ладу одного контуру його функції виконує інший контур. Робочі контури можуть дублювати один одного, виконувати частину функцій один одного або виконувати тільки свої функції (здійснювати роботу певних гальмівних механізмів). Найбільш затребуваною є схема, в якій два контури функціонують діагонально.

На сучасних автомобілях до складу гідравлічного гальмівного приводу включені різні електронні системи: антиблокувальна система гальм; підсилювач екстреного гальмування; система розподілу гальмівних зусиль; електронна блокування диференціала. Пневматичний привід використовується у гальмівній системі вантажних автомобілів. Комбінований гальмівний привід є комбінацією декількох типів приводу. Наприклад, електропневматичний привід.

Принцип роботи гальмівної системи розглянуто з прикладу гідравлічної робочої системи. При натисканні на гальмо педаль навантаження передається до підсилювача, який створює додаткове зусилля на головному гальмівному циліндрі. Поршень головного гальмівного циліндра нагнітає рідину через трубопроводи до колісних циліндрів. При цьому збільшується тиск рідини у гальмівному приводі. Поршні колісних циліндрів переміщують гальмівні колодки до дисків (барабанів). При подальшому натисканні на педаль збільшується тиск рідини та відбувається спрацювання гальмівних механізмів, що призводить до уповільнення обертання коліс та появи гальмівних сил у точці контакту шин із дорогою. Чим більше прикладена сила до гальмівної педалі, тим швидше та ефективніше здійснюється гальмування коліс. Тиск рідини при гальмуванні може досягати 10–15 МПа. При закінченні гальмування (відпускання гальмівної педалі), педаль під впливом зворотної пружини переміщається у вихідне положення. У вихідне положення переміщається поршень головного гальмівного циліндра. Пружинні елементи відводять колодки від дисків (барабанів). Гальмівна рідина з колісних циліндрів

трубопроводами витісняється в головний гальмівний циліндр. Тиск у системі падає [2, 5].

Переваги і недоліки застосування дискових гальм

Для оцінки ефективності гальмівного механізму за кордоном прийнята характеристика гальма, під якою розуміють відношення окружної гальмівної сили на радіусі гальмівного барабана до приводної сили, що притискає колодки до барабана. Характеристика гальма залежить від різних конструктивних геометричних параметрів, а також від коефіцієнта тертя між накладкою і барабаном. Так як до теперішнього часу в автомобілебудуванні не існує фрикційного матеріалу, не схильного до зменшення коефіцієнта тертя в процесі експлуатації, то, природно, що гальмо, що володіє найменшим самопосиленням, залежить від коефіцієнта тертя, є найменш чутливим до коливань останнього. У зв'язку з цим відсутність самопосилення у дискового гальма вважатимуться його перевагою. Перевагою дискового гальма (рис. 3) є стабільність гальмівного моменту, що розвивається, при деякому коливанні коефіцієнта тертя гальмівних накладок.



Рисунок 3 – Дисковий гальмівний механізм

Внаслідок цього автомобіль, забезпечений дисковими гальмами, зберігає стабільність своїх гальмівних характеристик в діапазоні температур, що найчастіше зустрічається в експлуатації. Навіть при нагріванні гальмівного диска до високої температури, при якій барабанне гальмо втрачає до 50% своєї ефективності, зниження ефективності гальмування дискового гальма незначно, що пояснюється знову ж таки відсутністю самопосилення і стабільністю коефіцієнта тертя. У барабанному ж гальмі фактор самопосилення відіграє дуже істотну роль і в дуже великій мірі залежить від коефіцієнта, так що навіть при незначному коливанні останнього (від зростання температури) самопосилення, а значить і величина гальмівного моменту, і ефективність дії всього гальма в цілому дуже сильно змінюються. Лінійність залежності гальмівного моменту від приводного зусилля забезпечує водію за наявності

дискових гальм на автомобілі краще «почуття» гальмівної сили та більший ефект від застосування автоматичних пристроїв для регулювання гальмівного моменту з метою запобігання коліс та втрати керуваності автомобілем.

За наявності дискових гальм такі регулятори (наприклад, інерційної дії) залежно від перерозподілу навантажень по осях автомобіля дають кращі результати, ніж у разі барабанних гальм [3, 5]. Автоматичний пристрій, що змінює співвідношення гальмівних сил по осях залежно від інтенсивності гальмування, за наявності барабанних гальм обмежено у своїх можливостях, оскільки коливання величини коефіцієнта тертя на гальмівних барабанах передніх і задніх коліс призводять до відмінності в дії гальм, що значно перевищує діапазон регулювання самого автоматичного устрою. Вплив відмінності температур барабанних гальм передніх і задніх коліс може значно порушити розподіл гальмівних зусиль, що призводить до нестійкості руху автомобіля і може викликати занесення при екстреному гальмуванні. З цієї точки зору для автомобільних гальм важливіше не високе значення коефіцієнта тертя, а його стабільність. І дискові гальма за рахунок своєї вищої стабільності дії дозволяють застосовувати автоматичний пристрій. Статистична оцінка великого числа дослідів показує, що при однакових початкових умовах величина відхилення за повільність від його середнього значення, що оцінює рівномірність гальмування, у дискових гальм наполовину менше, ніж у барабанних. Гальмування автомобіля при наявності на ньому дискових гальм відбувається на будь-якій швидкості плавно, без вібрацій та рівномірно всіма колесами. Практично це означає, що дискові гальма можуть забезпечити автомобілю більшу безпеку руху [2].

Теплове розширення барабана у барабанних гальм істотно позначається на величині зазорів, передатному відношенні в приводі та величині холостого ходу. Для цих гальм існує певна труднощі для здійснення автоматичного регулювання зазору між накладкою та барабаном. Дискове гальмо не ставить перешкод для використання пристрою автоматичного регулювання зазору. В експлуатації та обслуговуванні дискове гальмо простіше та зручніше барабанного. Внаслідок того, що дискове гальмо працює без самопідсилення, його встановлення на автомобіль вимагає збільшення тиску в гальмівному приводі з тим, щоб забезпечити необхідне зусилля притискання гальмівних колодок. Цього можна досягти при збільшенні передавального відношення приводу: у дискового гальма вільний хід поршня робочого гідроциліндра приблизно в 4 рази менше вільного ходу поршня робочого циліндра барабанного гальма.

Внаслідок дії великих зусиль скоба дискового гальма схильна до значних деформацій. При виборі величини зазору в гальмі повинні бути враховані теплове розширення скоби та биття диска за рахунок деформації цапфи та люфту підшипників. Установка дискових гальм на всі колеса викликає певні труднощі щодо гальма стоянки. Щодо чутливості дискових гальм до вологи та забруднення деякі фірми вирішують це питання встановленням щитів, що прикривають диск, інші – використанням дискових гальм із постійним контактом накладок та диска, завдяки чому гальмо завжди злегка розігріте та

самоочищається. У дисковому гальмі з одним робочим циліндром можливе виникнення згинального моменту, який підвищує навантаження на підшипники і вимагає їх посилення. Посилення підшипників маточини побічно зменшує биття диска, оскільки ліфт їх менше.

Високі вимоги пред'являються до геометричної точності робочих поверхонь дискового гальма з метою забезпечення малого експлуатаційного зазору. Дискове гальмо висуває підвищені вимоги до ізоляції гальмівної рідини, оскільки її робоча середня температура вища, ніж у рідині у приводі барабанних гальм. Деякі фірми використовують з цієї причини неметалеві поршні в робочих циліндрах (метал добре проводить тепло), інші ставлять відповідні ущільнення та ізоляційні шайби [5]. Гальмівні накладки для дискових гальм повинні володіти підвищеною зносостійкістю через великі питомі тиски на поверхнях, що контактують. Дискове гальмо має підвищену вартість, яка частково обумовлюється більш дорогими накладками, застосування підсилювача в приводі та необхідністю оплати ліцензій, оскільки всі незначні та значні зміни та покращення в конструкції фірми негайно патентують, передбачливо припускаючи їх значущість.

Усі фірми, що випускають зараз дискові гальма, купують та продають ліцензії на винаходи у цій галузі. «Чистої» конструкції дискового гальма зараз немає. Як правило, він розроблений однією фірмою, покращений іншою, і в ньому використовуються будь-які вузли за ліцензією третьої фірми.

Переваги дискових гальм: - при підвищенні температури характеристики дискових гальм досить стабільні, тоді як у барабанних знижується ефективність; - температурна стійкість дисків вища, зокрема через те, що вони краще охолоджуються; - вища ефективність гальмування дозволяє зменшити гальмівний шлях; - менші вага та розміри; - підвищується чутливість гальм; - час спрацьовування зменшується; - зношені колодки просто замінити, на барабанних доводиться робити зусилля на припасування колодок, щоб одягнути барабани; - близько 70% кінетичної енергії автомобіля гаситься передніми гальмами, задні дискові гальма дозволяють знизити навантаження на передні диски; - температурні розширення впливають на якість прилягання гальмівних колодок [2, 5].

Сучасні тенденції розвитку дискових гальмівних механізмів

Барабанні гальма і зараз часто зустрічаються на автомобілях. Як і дискові, вони мають ряд переваг та недоліків, які найчастіше визначають сферу їх застосування. «Барабани», як і раніше, дешевше і простіше у виробництві. «Барабани» мали перевагу перед ранніми дисковими гальмами ще й тому, що конструктивно мають ефект механічного самопосилення. Завдяки тому, що нижні частини колодок пов'язані один з одним, тертя барабан передньої колодки посилює притискання до нього задньої колодки.

Цей ефект сприяє багаторазовому збільшенню гальмівного зусилля, що передається водієм, і швидко підвищує дію, що гальмує, при посиленні тиску на педаль. Простота, дешевизна та низькі вимоги до систем управління гальмами в наш стрімкий вік зводяться нанівець однією дуже важливою обставиною. Оскільки при гальмуванні кінетична енергія за допомогою тертя

гальмівних колодок барабан (або диск) перетворюється на теплову енергію (тобто гальма нагріваються), необхідно ефективно це тепло розсіювати.

І тут барабанні гальма програють дисковим, оскільки розсіюють тепло не надто добре. Це тому, що фрикційні накладки знаходяться всередині барабана. Такий серйозний недолік призводить до цілого кола проблем. Надмірне нагрівання може спричинити деформацію барабана. Це, своєю чергою, призводить до того, що гальмівні накладки прилягають щодо нього нерівномірно. Все це знижує дію, що гальмує (особливо при частому відгальмовуванні). Ось чому на швидкісних машинах барабанні гальма навіть позаду вже не зустріти. Застосування оребрених алюмінієвих або 40 недеформованих посиленних стандартних барабанів, використання більш широких і довгих накладок дозволяють дещо знизити ці проблеми, але тоді йдуть всі переваги барабанних гальм: низька ціна, простота виготовлення і т. п., а результат не дуже помітний.

До повального впровадження дискових гальм призвело до збільшення швидкісних можливостей автомобілів. Спочатку такі гальма зайняли своє місце у передніх колесах, що зумовлено великими навантаженнями на передній осі, що виникають при гальмуванні, а тепер і ззаду їх можна зустріти все частіше [2, 5]. Дискові гальма розсіюють тепло набагато краще, ніж барабанні. І сам диск, і скоба для кріплення гальмівних механізмів, і гальмівні колодки відкриті для доступу повітря. Вільне обдування гальм практично виключає зниження гальмівної дії. Але «диски», як правило, не мають ефекту самопосилення, як барабанні гальма, що накладає підвищені вимоги до підсилювача гальм. Як «мінуси» можна також згадати дещо вищу вартість виробництва і більш швидке знос фрикційних накладок через більший тиск при гальмуванні. Як одна з основних переваг дискових гальм можна згадати їх меншу вагу в порівнянні з барабанними, а це одна з головних складових безпружинних мас, боротьба за зниження яких ведеться виробниками по всіх напрямках. Боротьба за зниження безпружинних мас і поліпшення відведення тепла призвела конструкторів до створення так званих вентильованих дисків. Вони є своєрідним сендвіч з двох дисків, між якими пророблені спеціальні отвори, що формують своєрідні лопаті, на кшталт турбіни. Завдяки цим лопатям та каналам тепло відводиться більш ефективно, а вага диска знижується.

Існує ще один важливий аспект впливу тепла на роботу гальм. При високих навантаженнях гальмівні диски можуть нагріватись до дуже високих температур. Тут виробники гальмівних систем йдуть різні технічні хитрощі. Так, наприклад, багато фірм пропонують розбірні гальмівні диски. Вони є безпосередньо робочий диск у вигляді бублика, скріплений болтовим з'єднанням із середньою частиною, яка і кріпиться на маточину. Також часто можна зустріти гальмівні диски з перфорацією та канавками (шліцами). Пророблені по всій робочій площині диска наскрізні отвори знижують вагу диска, сприяють більш ефективному зниженню температури при роботі, видаляють гази, що утворюються при терті колодок об диск. До речі, ці робочі гази можуть створювати подібність повітряної подушки та знижувати

ефективність гальм. Так що їх відведення дуже важливе, особливо в гальмах, що працюють під великим навантаженням.

Перфорація запобігає і коробленню гальмівного диска. Канавки разом з отворами сприяють видаленню води, бруду, пилу та ін., що знижує ризик подряпати гальмівний диск. Відведення газів також у їхній юрисдикції. І канавки, і перфорація збільшують додаткову гальмівну силу та зменшують зношування. Вказавши всі ці переваги канавок, не можна не сказати і про те, навіщо вони спочатку були розроблені. Знову ж таки, автоспорт із його підвищеними навантаженнями на гальма зажадав ефективного очищення гальмівних колодок. Справа в тому, що при роботі на великих навантаженнях гальмівні колодки дуже швидко покриваються тонким шаром нагару - фрикційного матеріалу, що вигорів і відпрацьований. Якщо його не зняти примусово, колодка перетворюється на слизьку лижу. Канавки, шліци практично зрізають цей відпрацьований шар, оновлюючи колодку. Це дозволяє підтримувати працездатність колодок протягом усієї гонки.

Враховуючи все вищесказане, можна вважати, що для звичайних міських автомобілів гальмівні диски зі шліцами, звичайно, є предметом гордості власника, але водночас причиною частішої зміни гальмівних колодок. Якщо повернутись до «сендвічів», то варто згадати про цікаву розробку австралійських інженерів. Компанія DVA запатентувала сучасну технологію системи вентиляції гальмівного диска. Назвали такі диски Kangaroo Paw, чи Лапа Кенгуру (рис. 2.4). Назва обумовлена тим, що у розрізі перемички між двома половинками диска нагадують слід кенгуру. Завдяки тому, що 144 стовпчики мають особливу форму і розташовані у порядку між двома сторонами гальмівного диска, створюється ефект ротора. Обертання диска призводить до утворення аеродинамічної турбулентності повітря всередині диска, збільшуючи його швидкість. Це призводить до того, що гаряче повітря буквально виштовхується з внутрішньодискового простору, сприяючи більш інтенсивному охолодженню. Така архітектура гальмівного диска робить його міцнішим і стабільнішим при загальному зниженні маси. Цю розробку можна вважати серйозним проривом у дизайні гальмівних дисків [2, 5].

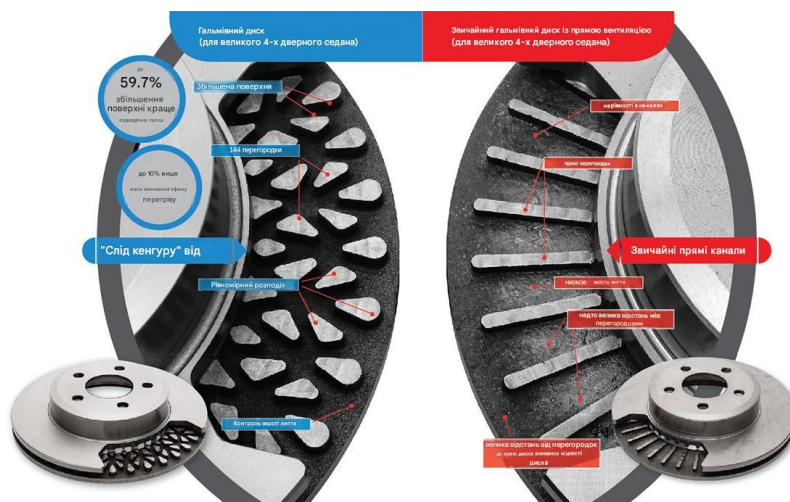


Рис. 2.4 – Гальмівний диск Kangaroo Paw.

Ще краще рішення запропонувала американська компанія Delphi. Її інженери модернізували весь дисковий гальмівний механізм. Запропоновано оригінальну ідею дводискового гальма для передніх коліс автомобіля, що отримав невігадливу назву Twin Disk. Тут для гальмування використовуються не дві, а три гальмівні колодки. До звичайної пари додається середня колодка, розташована між двома «плаваючими» дисками, не пов'язаними один з одним перегородками. Завдяки такому компонованню гідравлічний поршень переносить своє зусилля не на дві площини гальмівного диска, як завжди, а відразу на чотири. Тим самим, ефективність гальм, динаміка гальмування збільшується в 1,7 рази в порівнянні зі звичайними дисковими гальмами. Зусилля на педаль знижується майже вдвічі. Крім того, вентиляція таких дисків значно краще, вони менше нагріваються, а отже, довше «живуть». Від конструкції до матеріалів. Тут також можна зустріти багато різних підходів. Найчастіше можна зустріти гальмівні барабани та диски з чавуну. Мотоциклетні гальмівні диски виготовляють із нержавіючої сталі, щоб захистити їх від корозії. Але чавун все ж таки володіє кращими фрикційними якостями. Зростання швидкостей і, як наслідок, збільшення вимог до гальм призводять до появи нових матеріалів для створення гальмівних дисків. Так, у світі автоспорту використовують диски на основі вуглеволокна. Такі гальма значно легші за своїх чавунних побратимів і працюють дуже ефективно. Однак карбонові гальма працюють лише за дуже високих температур. Те, що для звичайних сталевих чи чавунних дисків може вважатися екстремально високою температурою, для карбонових дисків – нормальний робочий стан. Тобто на звичайних автомобілях у звичайних умовах експлуатації такі гальма просто не працюватимуть – не встигнуть розігрітися. З цієї причини застосування вуглепластикових композитів у гальмах обмежується болідами Формула-1 та автомобілями, що беруть участь в інших подібних перегонах. Та й ціна таких виробів не маленька. Гальмівні колодки – найважливіший елемент гальмівної системи. Саме від них залежить ефективність роботи гальм.

Хороші, правильні колодки будуть не тільки довго і надійно виконувати свої функції, але й збережуть гальмівний диск чи барабан цілим та неушкодженим довгі роки. Навпаки, погані, неякісні колодки можуть зіпсувати гальмівний диск, зробивши у ньому глибокі канави, тощо. буд. Гальмівні колодки бувають різними. Причому йдеться не про конструкцію та дизайн, а в першу чергу про матеріал фрикційних накладок, які власне і здійснюють гальмування. Фрикційних сумішей на сьогодні існує безліч.

У кожної фірми своя рецептура та свої інгредієнти. До складу суміші можуть входити 15 та більше різних компонентів. Їхні пропорції чітко витримані. Будь-яка зміна частки того чи іншого компонента може істотно змінити властивості майбутніх гальмівних накладок, аж до повної непридатності. Основа фрикційної суміші – армуючий компонент. Саме від нього залежить міцність, термостійкість та стабільність гальмівних властивостей виробу.

В останні роки склалися стійкі види фрикційних виробів, що отримали свою назву, саме ґрунтуючись на їхньому армуючому компоненті. Виділяються

азбестові, безазбестові та органічні (на основі органічних волокон) компоненти. Перші, як видно з назви, як армуючий елемент використовують азбест. Шкідливість цього матеріалу для людини вже стала притчею в мовах.

У багатьох посібниках з ремонту та обслуговування автомобілів говориться, що міняти гальмівні колодки, що містять азбест, і навіть знімати колеса (якщо у вас такі гальма) необхідно гранично обережно, завчасно подбавши про захист органів дихання і зору. Безазбестові матеріали є фрикційними, в яких роль армуючого компонента виконують інші складові. Це може бути сталева вата, мідна, латунна стружка, різні полімерні композиції.

Найсучасніші на даний момент фрикційні матеріали виконують на основі органічних волокон. У таких колодок найкращі гальмівні властивості. Недарма саме вони встановлюються на сучасні боліди Формула-1, де навантаження на гальма (за мірками міських автомобілів) є просто позамежними [2, 5]. Колодки також повинні охолоджуватися, але, на відміну від дисків, вони повинні не пропускати тепло через себе. Нагріваючись самі, вони обов'язково почнуть гріти робочі гальмівні циліндри, а вони, у свою чергу, гальмівну рідину, і якщо вона закипить, гальма перестануть працювати, з усіма наслідками. Ось чому так важливо забезпечити тепловий бар'єр між фрикційними накладками та металевою основою гальмівної колодки.

Дискові гальма ефективніші, ніж барабанні, і довговічніші, що робить їх кращим вибором для нових автомобілів. Однак це не означає, що барабанні гальма скоро припинять роботу. Їх менша вартість і можливість ремонту роблять задні барабанні гальма життєздатним варіантом для більшості автовласників

Література

1. Робочі процеси автомобілів: навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін., Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 492 с.
2. Боровських Ю.І., Ковальов Ю. В., Морозов К. А. Будова автомобілів. – К., 1991.- 245с.
3. Кисляков В.Ф., Лущик. В.В. Будова і експлуатація автомобілів: підручник.– К. : Либідь, 2013. – 400 с.
4. Клименко В.І., Клименко В.І., Давиденко І.А., Сараєв О.В. Дослідження впливу антиблокувальної системи на ефективність гальмування легкового автомобіля / Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – Х.: ХНАДУ. – 2011. – Вып. 29. – С. 245 –249.
5. Мельников Д.І. Трактори і автомобілі. – К.: Вища школа, 2012. – 264с.

Науковий керівник Новіна Н.Н., асистент кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула