

Бойко Г.О., Ковтанець М.В., Тисячний А.Ю.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИСКОВО - КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ

Розглянуто питання підвищення ефективності експлуатації дисково-колодкових гальм транспортних засобів та підйомно-транспортних машин шляхом примусового охолодження пар тертя: колодки-гальмівні диски. Проаналізовано дослідження, спрямовані на вирішення проблеми енергонавантаженості дисково-колодкових гальм транспортних засобів шляхом застосування ефекту теплового насосу, застосування самовентильованих гальмівних дисків. Розглянуто конструктивні рішення з удосконалення дисково-колодкових гальм, які дозволяють підвищити ефективність застосування дисково-колодкових гальм з примусовим тепловідведенням. Наводяться переваги застосування дисково-колодкових гальм з примусовим тепловідведенням від пари тертя: колодки – гальмівні диски. Наводиться інноваційна конструкція дисково-колодкового гальма, яка дозволяє інтенсифікувати процес охолодження робочих гальмівних дисків і підвищити ресурс пар тертя дисково-колодкового гальма. В якості основних концептуальних переваг запропонованої конструкції дисково-колодкового гальма є те, що між робочими гальмівними дисками розміщується додатковий диск, який поєднаний з маточиною та з'єднується з робочими дисками перемичками. У додатковому диску виконано по колу паз, що створює повітряний зазор, а перемички між робочими дисками і додатковим диском з'єднані з внутрішніми поверхнями робочих дисків у зоні протилежній зоні тертя фрикційних накладок колодок із зовнішньою поверхнею робочих дисків, причому робочі диски з'єднані з додатковим диском наскрізними отворами, виконаними у перемичках. Таке конструктивне рішення дозволяє підвищити ефективність роботи дисково-колодкового гальма шляхом покращення системи охолодження пари тертя: гальмівний диск - фрикційні накладки гальмівних колодок за рахунок інтенсифікації примусового тепловідведення від "робочої" зони тертя гальмівних дисків та фрикційних накладок гальмівних колодок до додаткового диску.

Ключові слова: транспорт, дисково-колодове гальмо, гальмування, енергонавантаженість, тепловідведення, охолодження, ефективність.

Вступ.

Відомо, що ефективність та безпечність експлуатації транспортних засобів (автомобільного транспорту, залізничного транспорту) та підйомно-транспортних машин (а саме, вантажопідйомних кранів) багато в чому залежить від надійності гальмівних пристроїв та процесу гальмування ними. Забезпечення гальмівними пристроями раціонального за своєю величиною гальмівного моменту і, як наслідок, необхідного часу гальмування є гарантією ефективної, з позиції економічних показників, та безпечної, з позиції надійності експлуатації.

У транспортних засобах найпоширенішими гальмівними пристроями є дисково-колодкові гальма, які мають гарні перспективи більшого застосування і на підйомно-транспортних машинах. Дослідженню процесів гальмування дисково-колодковими гальмами присвячено багато робіт [1-6], які спрямовані на підвищення його ефективності та надійності.

Метою статті є аналіз існуючих підходів до вирішення питання зниження енергонавантаженості дисково-колодкових гальм транспортних засобів та удосконалення їх конструкцій.

Аналіз стану питання.

Аналіз публікацій свідчить, що одним із актуальних напрямків досліджень процесу гальмування є дослідження спрямовані на енергонавантаженість пар тертя дисково-колодкових гальм, яка залежить від нагрівання та охолодження пар тертя: колодки – диск. Відомо, що процес нагрівання пар тертя відбувається в часі значно швидше, ніж процес охолодження, тому кожне наступне гальмування розпочинається за нових, більш високих, умов енергонавантаженості пар тертя. Як наслідок, це призводить до нестабільності величини динамічного коефіцієнту тертя, величини гальмівного моменту та часу гальмування. Знизити енергонавантаженість пар тертя дисково – колодкового гальма та стабілізувати параметри процесу гальмування рекомендується шляхом примусового тепловідведення (охолодження) пар тертя.

В роботі [2] пропонується застосувати ефект "теплового насосу" для примусового охолодження пар тертя гальмівних пристроїв на прикладі дисково-колодкового гальма рухомого складу залізниць та барабанно-колодкового гальма транспортного засобу. Авторами статті доказано, що застосування систем для охолодження пар тертя гальмівних пристроїв, які працюють на ефекті "теплового насосу", дозволяє підтримувати температуру на поверхнях пар тертя значно нижче допустимої для фрикційних матеріалів, що суттєво підвищує ефективність і надійність роботи гальмівних пристроїв.

В роботі [3] розглянуто питання зниження енергонавантаженості дисково-колодкових гальм за рахунок конструктивного удосконалення самовентильованих гальмівних дисків. Авторами статті доведено і обґрунтовано

ефективність вимушеного повітряного охолодження за рахунок конструктивного удосконалення гальмівного диска шляхом застосування отворів і канавок, розміщених під кутом і віялом на бігових доріжках тертя суцільних та самовентильованих дисків у гальмівних механізмах різних категорій транспортних засобів.

В роботі [4] зазначається, що ефективним способом зниження енергонавантаження металевих пар тертя гальмівних пристроїв є правильний вибір матеріалів для них, які можуть відводити тепло в найкоротший термін, тобто вони мають високий коефіцієнт теплопередачі. Застосування таких матеріалів є перспективним напрямком удосконалення гальмівних пристроїв.

Вплив температури пари тертя: гальмівна колодка – шків гальма на величину гальмівного моменту колодкового гальма розглянуто у роботі [5]. Експериментально досліджено на дослідному стенді та побудовано рівняння регресії впливу структурних параметрів колодкового гальма на величину гальмівного моменту. Доведено високий ступінь впливу температури пари тертя на стабільність величини гальмівного моменту.

Питання стабільності статичного і динамічного коефіцієнтів тертя у парах тертя дисково-колодкових гальм розглянуто у роботі [6]. Авторами досліджено вплив основних експлуатаційних параметрів на зміну коефіцієнта тертя, що може бути врахованим при удосконаленні дисково-колодкових гальм з позиції зниження енергонавантаженості.

Враховуючи наведене вище, можна зробити висновок, що питання зниження енергонавантаженості є актуальним і його вирішення можливе, в тому числі, шляхом конструктивного удосконалення дисково-колодкових гальм.

Удосконалення конструкції дисково-колодкових гальм нових.

Відомі конструктивні рішення, захищені патентами України на винаходи та корисні моделі, у яких також доводиться ефективність застосування дисково-колодкових гальм з примусовим тепловідведенням [7-9]. Серед них слід, перш за все, виділити конструкцію дискового гальма [7], яке містить гальмівні колодки з накладками, гальмівний диск, який складається з двох робочих гальмівних дисків, що мають вікна для проходження атмосферного повітря та з'єднані між собою перемичками, а між робочими гальмівними дисками розміщується додатковий диск, який поєднаний з маточиною та з'єднується з робочими дисками перемичками. Застосування такого дискового гальма дозволяє охолоджувати гальмівні диски за рахунок перетікання тепла з робочих дисків на додатковий диск та відведенням тепла від нього шляхом омиванням повітрям, яке надходить через вікна у робочих гальмівних дисках.

З метою підвищення ефективності роботи дисково-колодкового гальма шляхом покращення системи охолодження пари тертя: гальмівний диск - фрикційні накладки гальмівних колодок за рахунок інтенсифікації примусового тепловідведення від "робочої" зони тертя гальмівних дисків та фрикційних накладок нами пропонується нова конструкція дисково-колодкового гальма [10], креслення якого наведені на рисунках 1 - 4.

Диско-колодкове гальмо містить (див. рис.1- 4): два робочі гальмівні диски 1 і 2 із забірними отворами 3 для проходження атмосферного повітря, встановлені на валу 4 та з'єднані з додатковим диском 5, в якому міститься паз 6, перемичками 7, гальмівні колодки 8 і 9 з фрикційними накладками 10 і 11. Робочі диски 1 і 2 з'єднані з додатковим диском 5 та валом 4 маточиною 12, а також робочі диски 1 і 2 з'єднані з додатковим диском 5 наскрізними отворами 13, 14, 15, 16, 17, 18, які проходять через всі перемички 7.

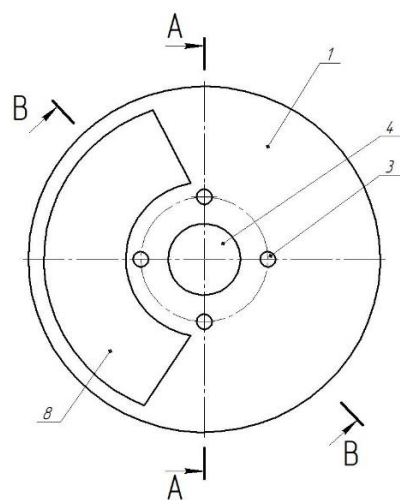


Рисунок 1

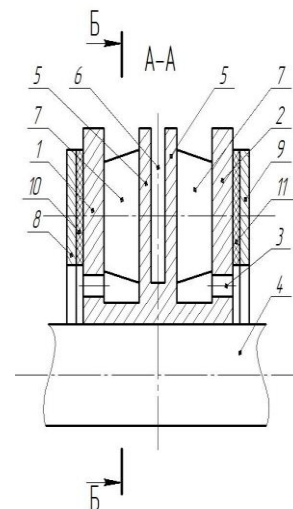


Рисунок 2

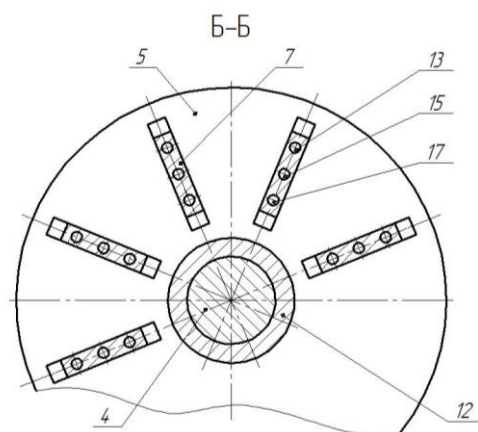


Рисунок 3

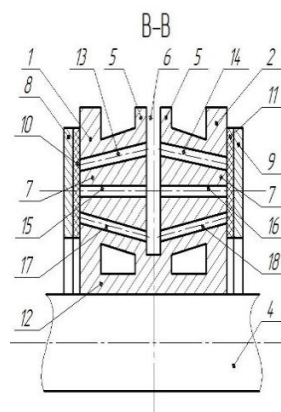


Рисунок 4

Дисково-колодкове гальмо працює наступним чином.

У ході процесу зупинки транспортного засобу дисково-колодковим гальмом, який розпочинається після того як під впливом притискних нормальних зусиль N гальмівні колодки 8 і 9 з фрикційними накладками 10 і 11 вступають у фрикційний контакт з зовнішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2 відбувається нагрів пар тертя: робочих дисків 1 і 2 – фрикційних накладок 10 і 11 гальмівних колодок 8 і 9. Тепло з робочих дисків 1 і 2 “перетікає” через перемички 7 та отвори 13, 14, 15, 16, 17, 18 в них до додаткового диска 5, який також нагрівається, та виводиться зовні через паз 6. При обертанні робочих гальмівних дисків 1 і 2, встановлених на валу 4, за рахунок відцентрових сил через забірні отвори 3 робочих гальмівних дисків 1 і 2 атмосферне повітря надходить до порожнини між внутрішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2 та зовнішніми поверхнями додаткового диска 5, за рахунок чого здійснюється “омивання” внутрішніх поверхонь робочих гальмівних дисків 1 і 2, зовнішніх поверхонь додаткового диска 5 та зовнішніх поверхонь перемичок 7, що призводить до охолодження та стабілізації коефіцієнта тертя пари тертя: робочих дисків 1 і 2 – фрикційних накладок 10 і 11 гальмівних колодок 8 і 9. Атмосферне повітря попадає також в порожнину пазу 6 додаткового диска 5, “омиваючи” його внутрішні поверхні та виводячи при цьому зовні тепло, яке надходить до пазу 6 через тепловідвідні отвори 13, 14, 15, 16, 17, 18 в перемичках 7. Атмосферне повітря з порожнини між внутрішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2 та зовнішніх поверхонь додаткового диска 5 виводиться до навколишнього середовища через проміжки між перемичками 7.

Таким чином, запропонована конструкція дисково-колодкового гальма дозволяє інтенсифікувати процес охолодження робочих гальмівних дисків і підвищити ресурс пар тертя дисково-колодкового гальма, що є забезпеченням надійності гальм та підвищенням ефективності процесу гальмування.

Висновки.

Зниження енергонавантаженості дисково-колодкових гальм шляхом примусового охолодження є актуальною задачею, вирішення якої можливе, у тому числі, за рахунок конструктивного удосконалення гальм, а інтенсифікації примусового тепловідведення від “робочої” зони тертя гальмівних дисків та фрикційних накладок дозволить підвищити ефективність експлуатації дисково-колодкових гальм.

Література

1. Носко А.Л., Бойко Г.О. Тормозные диски и шкивы. Монографія. - Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. - 2009. - 78 с.
2. Кіндрачук М.В., Вольченко Н.А., Журавлев Д.Ю., Андрейчиков Е.Ю. Принудительное охлаждение фрикционных узлов: эффект “тепловая труба”. Проблеми тертя та зношування // - К.: КНАУ. - 2017. - №2 (75). - с. 38-48.
3. Скрипник В.С., Бекіш І.О., Ніщук В.В., Бурава А.С. Енергонавантаженість самовентильованих дисків з елементами охолодження гальм транспортних засобів. Підйомно-транспортна техніка // - Одеса: ОНТУ. - 2021. - № 1 (25). - с. 31-45.
4. Вольченко О.І., Возний О.В., Журавльов А.Ю., Вітвицький В.С. До питання оцінки теплопередачі через металеві елементи дисково - і барабанно-колодкових гальм транспортних засобів. Машинобудування // - Харків: УПА. - 2019. - №23. - с. 76 – 87.
5. Бойко Г.О., Либа А.О. Оцінка стабільності величини гальмівного моменту колодкового гальма. Наукові вісті Далівського університету // - Северодонецьк.: СНУ ім. В. Даля. - 2020. - №18. - с. 6 – 14.
6. Фідровська Н.М., Іваненко О.І., Баженов В.О., Нікіпчук С.В., Присяжний А.В. Статичний і динамічний коефіцієнт тертя у парах тертя дисково-колодкових гальм. Вісник ХНАДУ // - Харків; ХНАДУ. - 2022.- Вип. 9. - с.7-13.

7. Патент України на корисну модель № 148210, МПК F16 D55/00. Дискове гальмо // Осенін Ю.І., Кривошея Ю.В., Соснов І.І., Антошкіна Л.І., Бугаєнко В.Г. Оpubл. 21.07.2021р.,- Бюл. № 29.
8. Патент України на корисну модель № 139445, МПК B60 T1/06. Дискове гальмо // Осенін Ю.І., Кривошея Ю.В., Соснов І.І., Антошкін В.К., Кривошея Д.С. Оpubл. 10.01.2020р.,- Бюл. № 1.
- 9 Патент України на корисну модель № 104546, МПК B61 H7/00. Дискове гальмо залізничного транспортного засобу // Дьомін Р.Ю., Горбунов М.Ш., Дьомін Ю.В. та інші. Оpubл. 10.02.20216., - Бюл. № 3.
10. Заявка на видачу патенту України на корисну модель № u 2023 000 38, МПК F16 D55/00, B66 D 5/14. Дата подачі заявки 04.01.2023. Дисково-колодкове гальмо // Бойко Г.О., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Носко П.Л., Сергієнко О.В., Тисячний А.Ю. Заявник – СНУ ім. В. Даля.

Reference

1. Nosko A.L., Boyko G.O. Brake discs and pulleys. Monograph. - Luhansk: Department of SNU named after V. Dalya. - 2009. -78 p.
2. Kindrachuk M.V., Volchenko N.A., Zhuravlev D.Yu., Andreychikov E.Yu. Forced cooling of friction units: the "heat pipe" effect. Problems of friction and wear //– К.: KNAU. - 2017. – No. 2 (75). - with. 38-48.
3. Skrypnyk V.S., Bekish I.O., Nishchuk V.V., Burava A.S. Energy load of self-ventilated disks with cooling elements of vehicle brakes. Lifting and transport equipment // – Odesa: ONTU. - 2021. - No. 1 (25). - with. 31-45.
4. Volchenko O.I., Vozniy O.V., Zhuravlyov A.Yu., Vitvytskyi V.S. To the question of evaluation of heat transfer through metal elements of disc and drum-pad brakes of vehicles. Mechanical engineering // - Kharkiv.: UIPA. - 2019. - No. 23. - with. 76-87.
5. Boyko G.O., Lyba A.O. Estimation of the stability of the brake torque value of the pad brake. Scientific news of Daliv University // - Severodonetsk: SNU named after V. Dalya. – 2020. - No. 18. -with.
- 6 - 14. 6. Fidrovska N.M., Ivanenko O.I., Bazhenov V.O., Nikipchuk S.V., Prysiashnyi A.V. Static and dynamic coefficient of friction in friction pairs of disc-pad brakes. KHNADU Bulletin// – Kharkiv; I'm looking for - 2022.- Issue 9. - pp. 7-13.
7. Patent of Ukraine for a utility model No. 148210, IPC F16 D55/00. Disc brake // Osenin Yu.I., Kryvosheya Yu.V., Sosnov I.I., Antoshkina L.I., Bugayenko V.G. Publ. 07/21/2021, - Bul. No. 29.
8. Patent of Ukraine for a utility model No. 139445, IPC B60 T1/06. Disc brake // Yu.I. Osenin, Yu.V. Kryvosheya, I.I. Sosnov, V.K. Antoshkin, D.S. Kryvosheya. Publ. 10.01.2020, - Bul. No. 1.
- 9 Patent of Ukraine for a utility model No. 104546, IPC B61 H7/00. Disc brake of a railway vehicle // Dyomin R.Yu., Gorbunov M.Sh., Dyomin Yu.V. and other. Publ. 10.02.20216., - Bul. No. 3.
10. Application for the issuance of a patent of Ukraine for a utility model No. u 2023 000 38, IPC F16 D55/00, B66 D 5/14. Application submission date 04.01.2023. Disc-pad brake // G.O. Boyko, M.V. Kovtanets, V.S. Nozhenko, P.L. Nosko. , O. V. Sergiyenko, A. Yu. Tysiachnyi. The applicant is SNU named after V. Dalya.

The issue of increasing the efficiency of operation of disc-pad brakes of vehicles and lifting and transport machines by means of forced cooling of friction pairs: brake pads-discs is considered. Research aimed at solving the problem of the energy load of disc-pad brakes of vehicles by applying the heat pump effect and using self-ventilated brake discs has been analyzed. Constructive solutions for the improvement of disc-pad brakes, which allow to increase the efficiency of the use of disc-pad brakes with forced heat dissipation, are considered. The advantages of using disc-pad brakes with forced heat removal from the friction pair are given: pads - brake discs. An innovative design of the disc-pad brake is presented, which allows to intensify the cooling process of the working brake discs and increase the resource of friction pairs of the disc-pad brake. The main conceptual advantages of the proposed disc-pad brake design is that an additional disc is placed between the working brake discs, which is connected to the hub and connected to the working discs by jumpers. The additional disk has a circular groove that creates an air gap, and the jumpers between the working disks and the additional disk are connected to the inner surfaces of the working disks in the zone opposite to the friction zone of the friction linings of the pads with the outer surface of the working disks, and the working disks are connected to an additional disk through holes made in the jumpers. Such a constructive solution allows to increase the efficiency of the disc-pad brake by improving the cooling system of the friction pair: brake disc - friction pads of brake pads due to the intensification of forced heat removal from the "working" friction zone of brake discs and friction pads of brake pads to the additional disc.

Key words: transport, disc-pad brake, braking, energy load, heat removal, cooling, efficiency.

Бойко Г.О. – канд. техн. наук., доцент, професор кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Ковтанець М.В. - канд. техн. наук., доцент, доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Тисячний А.Ю. – студент групи ММг-22д кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.