

УДК 629.4.077:621.1.016.7: 546.26

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ГАЛЬМОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОРОЗСПУХОЇ СПРОМОЖНОСТІ ФРИКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

Горбунов М.І., Просвірова О.В., Кравченко К.О.

EXPERIMENTAL RESEARCH FOR IMPROVED BRAKE EQUIPMENT USE TO ENHANCE ENERGY EFFICIENCY OF THE BRAKE SYSTEM FRICTION ELEMENTS

Gorbunov M., Prosvirova O., Kravchenko K.

Мета дослідження - оцінка впливу охолодження фрикційних поверхонь на ефективність роботи гальмівної системи шляхом експериментального визначення коефіцієнта тертя і температури взаємодіючих поверхонь при різних методах і режимах охолодження. Експериментальним дослідженням встановлено, що математична модель теплофізичних характеристик дискового гальма, яка враховує систему адаптивного охолодження, забезпечує задовільну відповідність результатів розрахунків з експериментальними даними, розбіжність не перевищує 15%. Аналіз отриманих експериментальних даних дозволяє зробити висновок про позитивний вплив адаптивного охолодження фрикційних поверхонь гальма на ефективність гальмування. Так, коефіцієнт тертя при використанні даної системи на 15-30% більше, в залежності від продуктивності та температури охолоджуючого повітря, ніж без її використання. Середньоінтегральна температура поверхонь, що знаходяться під фрикційної взаємодії, при цьому нижче в середньому на 20-30% в порівнянні з випадком, коли не використовується адаптивне охолодження.

Ключові слова: залізничний транспорт, гальмування, фрикційна взаємодія, дискове гальмо, енергоефективність.

Вступ. Ефективність гальмівних засобів є однією з найважливіших умов, які визначають можливість підвищення ваги та швидкості руху поїздів, пропускну і провізної спроможності залізних доріг. Від властивостей і стану гальмівного обладнання рухомого складу в значній мірі залежить безпека руху.

У зв'язку з постійним підвищенням швидкостей руху поїздів пред'являються високі вимоги до гальмівних засобів. Застосування відомої конструкції колодкового гальма, яка передбачає взаємодію гальмівної колодки з поверхнею катання

коліс, обмежене границями їх допустимого нагріву. Використання дискових гальм набуває все більшого поширення, адже потрібна гальмівна потужність не досягається за допомогою колодкових гальм. Використання колодкових гальм на високих швидкостях також є небажаним через суттєве збільшення зносу коліс.

Для підвищення ефективності гальмування рейкового рухомого складу необхідно створити гальмівними пристроями достатню гальмівну потужність і забезпечити стійке зчеплення коліс із рейками. Аналіз проблем існуючого гальмівного обладнання зумовив вибір перспективного напрямку дослідження з підвищення ефективності гальмування – керування температурою гальмівних фрикційних поверхонь.

На основі проведеного комплексного аналізу експериментальних та теоретичних досліджень [1-6], визначено, що однією з найважливіших проблем гальмівних пристроїв є підтримання поверхневих температур їх пар тертя в певних межах. Перевищення допустимих температур фрикційних поверхонь призводить до втрати ними знософрикційних властивостей, спостерігається дестабілізація експлуатаційних параметрів (динамічного коефіцієнта тертя, гальмівного моменту, механічних і теплових деформацій, зносу і т.д.) гальмівних пристроїв. Зважаючи на це, доцільно для забезпечення вимог щодо стабілізації температури фрикційної пари гальм.

Мета статті – оцінка впливу охолодження фрикційних поверхонь на ефективність роботи гальмівної системи шляхом експериментального визначення коефіцієнта тертя і температури взаємодіючих поверхонь при різних методах і режимах охолодження.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Експериментальні дослідження процесу гальмування проводилися за допомогою лабораторного натурального тормозного стенда, розробленому кафедрою підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля [7, 8]. Стенд призначений для випробування різних конструкцій гальмових пристроїв і контролю їхніх вихідних параметрів.

Стенд (рис. 1-4) дозволяє акумулювати кінетичну енергію за допомогою оберткових дисків, фіксувати частоту обертання, число включень, тривалість роботи привода та реєструвати такі вихідні параметри гальма і привода: гальмовий момент, зусилля в тязі, час розмикання гальма й розгону привода, час спрацьовування і гальмування, температуру взаємодіючих поверхонь, кут повороту гальмових стійок.

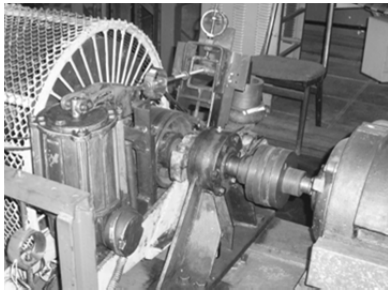


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки

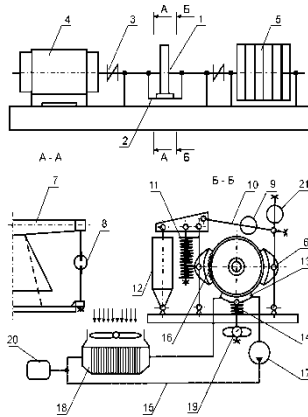


Рис. 2. Принципова схема експериментального стенду

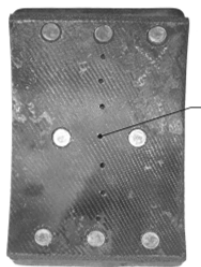


Рис. 3. Розміщення термопар на робочій поверхні гальмової колодки



Рис. 4. Вимірювальна апаратура. Пірометр, анемометр

Усі значення експериментальних величин, отриманих у паралельних дослідах, перевірені на відсутність грубих помилок за допомогою критерію Стьюдента [8, 9]. Результати експериментів представлені на рис. 5, 6.

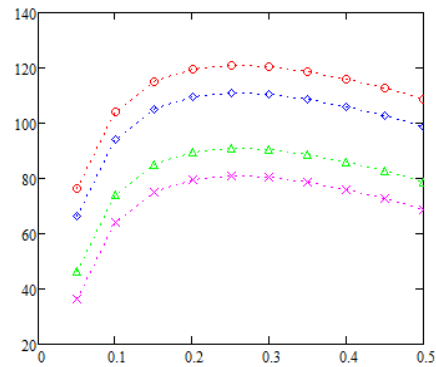


Рис. 5. Середня температура фрикційних поверхонь в процесі гальмування; зусилля притиску однієї гальмової колодки складає 1500 Н

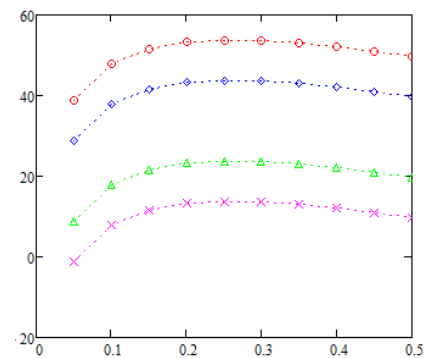


Рис. 6. Середня температура фрикційних поверхонь в процесі гальмування; зусилля притиску однієї гальмової колодки складає 500 Н

Висновки. Експериментальним дослідженням встановлено, що математична модель теплофізичних характеристик дискового гальма, яка враховує систему адаптивного охолодження, забезпечує задовільну відповідність результатів розрахунків з експериментальними даними, розбіжність не перевищує 15%. Аналіз отриманих експериментальних даних дозволяє зробити висновок про позитивний вплив адаптивного охолодження фрикційних поверхонь гальма на

ефективність гальмування. Так, коефіцієнт тертя при використанні даної системи на 15-30% більше, в залежності від продуктивності та температури охолоджуючого повітря, ніж без її використання. Середньоінтегральна температура поверхонь, що знаходяться під фрикційної взаємодії, при цьому нижче в середньому на 20-30% в порівнянні з випадком, коли не використовується адаптивне охолодження.

Література

1. Горбунов М.І. Аналіз технічних рішень по підвищенню енергорозсіючої спроможності елементів гальмових систем / М.І. Горбунов, К.О. Кравченко, О.В. Просвірова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: в 2 - х ч. Ч.1. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2013 – № 18(207) – С. 57-61.
2. Топал А.С. Моделі та методи автоматизованої підтримки прийняття рішень щодо технологічної підготовки складального виробництва в літакобудуванні / А.С. Топал // Автореф. дис... канд. техн.: 05.13.06; Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського „ХАІ”. Харків, 2006.
3. Горбунов М. Заявка на винахід № а201701575 від 20.02.2017, Дискове гальмо / Горбунов М., Герлічі, Я., Лак Т., Хаусер, В., Лоулова М., Харусинец Я., Кравченко К., Ноженко О., Просвірова О., Кравченко К, 2017.
4. Батишев Д.И. Методы оптимального проектирования / Д.И. Батишев // – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.
5. Пат. 91595 Україна МПК (2014.01): F16D 69/00. Спосіб взаємодії гальмівної колодки із колесом залізничного транспортного засобу / Горбунов М.І., Кравченко К.О., Ноженко В.С., Просвірова О.В.; заявник і власник СХУ ім. В.Даля. – опубл. 10.07.2014, бюл. № 13/2014.
6. Иноземцев В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава. Вопросы и ответы. – М.: Транспорт, 1986. – 283 с.
7. Старченко В.Н., Шевченко С.И. Измерительная система для диагностики и испытания тормозных устройств, транспортных машин. // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2006. – №7. – С. 193 – 196.
8. Бойко Г.А., Будиков Л.Я. Стенд для диагностирования тормозов кранов. В сб. Подъемно – транспортное оборудование. – М.: ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, No 6–88–39, 1988. – 4 с.
9. Наукові основи підвищення ефективності гальмування поліпшенням умов взаємодії коліс з гальмівними колодками і рейками: Дис. ... доктора техн. наук: 05.22.07 / В.М. Старченко; Східноукр. нац. ун-т ім. В.Даля. – Луганськ, 2008. – 354 с.

References

1. Gorbunov N.I., Kravchenko K.A., Prosvirova O.V. Analiz tekhnichnykh rishen' po pidvyschennyu enerhorozsiyuyuchoyi spromozhnosti elementiv halmovyykh system [Analysis of technical solutions to improve energoresursu ability of braking systems] / Vestnik of East-Ukrainian national University named after Volodymyr Dahl: in 2 p. p. 1. No. 18(207). Lugansk, VDEUNU, 2013. P. 57-61.

2. Topal A.S. Modeli ta metodi avtomatizovanoi pidtrimki priynjattja rishen' shhodo tehnologichnoi pidgotovki skladal'nogo virobniictva v litakobuduvanni / A.S. Topal // Avtoref. dis... kand. tehn.: 05.13.06; Nacional'nij aerokosmichnij universitet im. M.E. Zhukovs'kogo „HAI”. Harkiv, 2006.
3. Gorbunov, M., Gerlici, J., Lack, T., Hauser, V., Loulova, M., Harusinec, J., Kravchenko, K., Nozgenko, O., Prosvirova, O., Kravchenko, K. Application for invention № a 2017 01575 from 20.02.2017, Disc brakes (in ukr)..
4. Batishev D.I. Metody optimal'nogo proektirovanija / D.I. Batishev // – М.: Радио и svjaz', 1984. – 248 s.
5. Gorbunov N.I., Kravchenko K.A., Nozhenko V.S., Prosvirova O.V. Sposib vzayemodiyi halmivnoyi kolodky iz kolesom zaliznychnoho transportnoho zasobu [The method of interaction of the brake pads with the wheel of the rail vehicle] Patent UA, no. 91595, 2014.
6. Inozemtsev V.G. Brakes of railway rolling stock. Questions and answers. - Moscow: Transport, 1986. - 283 p.
7. Starchenko V.N., Shevchenko S.I. Measuring system for the diagnosis and testing of brake devices, transport vehicles. // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. - 2006. - №7. - P. 193 - 196.
8. Boyko GA, Budikov L.Ya. Stand for diagnosing the brakes of cranes. In the collection. Lifting and transport equipment. - Moscow: TSNITEITYAZHMASH, No 6-88-39, 1988. - 4 p.
9. Наукові основи підвищення ефективності гальмування поліпшенням умов взаємодії коліс з гальмівними колодками і рейк: Dis. ... doctors of techn. Sciences: 05.22.07 / V.M. Starchenko; Sci. nat. un-t it. V.Dal. - Lugansk, 2008. - 354 p.

Горбунов Н.И., Просвірова О.В., Кравченко Е.А. Экспериментальное обоснование целесообразности использования усовершенствованного тормозного оборудования для повышения энерго рассеивающей способности фрикционных элементов тормозной системы.

Цель исследования – оценка влияния охлаждения фрикционных поверхностей на эффективность работы тормозной системы путем экспериментального определения коэффициента трения и температуры взаимодействующих поверхностей при разных методах и режимах охлаждения. Экспериментальным исследованием установлено, что математическая модель теплофизических характеристик дискового тормоза, которая учитывает систему адаптивного охлаждения, обеспечивает удовлетворительное соответствие результатов расчетов экспериментальным данным, расхождение не превышает 15%. Анализ полученных экспериментальных данных позволяет сделать вывод о положительном влиянии адаптивного охлаждения фрикционных поверхностей тормоза на эффективность торможения. Так, коэффициент трения при использовании данной системы на 15-30% больше, в зависимости от производительности и температуры охлаждающего воздуха, чем без ее использования. Среднеинтегральная температура поверхностей, находящихся во фрикционном взаимодействии, при этом ниже в среднем на 20-30% по сравнению со случаем, когда не используется адаптивное охлаждение.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, торможение, фрикционное взаимодействие, дисковый тормоз, энергоэффективность.

Gorbunov M., Prosvirova O., Kravchenko K.
Experimental research for improved brake equipment use to enhance energy efficiency of the brake system friction elements.

The purpose of the study is to evaluate the effect of cooling frictional surfaces on the efficiency of the braking system by experimentally determining the coefficient of friction and the temperature of the interacting surfaces under different methods and regimes of cooling. Experimental research established that the mathematical model of the disc brake thermophysical characteristics, which takes into account the adaptive cooling system, ensures a satisfactory match of the results of calculations to experimental data; the discrepancy does not exceed 15%. Analysis of the experimental data obtained allows concluding that adaptive cooling of the brake friction surfaces has a positive effect on the braking efficiency. Thus, the coefficient of friction when using this system is 15-30% higher, depending on the performance and temperature of the cooling air, than without its use. The average integral temperature of surfaces in

frictional interaction is lower by average of 20-30% compared to the case when adaptive cooling is not used.

Key words: rail transport, braking, friction interaction, disc brake, energy efficiency.

Горбунов М.І. – д.т.н., проф., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

Просвірова О.В. – старший викладач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

Кравченко К.О. – к.т.н., доц., доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, СНУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. **Марченко Д.М.**

Стаття подана 18.04.2018.