

УДК 629.4.077

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ ВІДВЕДЕННЯ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ВІД КОЛІС У ВІЗКАХ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Равлюк В.Г.

RESEARCH KINEMATICS OF THE ALLOTMENT OF THE BRAKE SHOES FROM THE WHEELS IN THE BOGIES OF FREIGHT CARS

Ravlyuk V.

У статті розглянуто науковий підхід до вирішення проблеми клиноподібного зносу гальмівних колодок. Наведено аналітичні дослідження та розкрито актуальність проблеми виникнення негативнодіючих сил, переміщень і рухів гальмівних колодок відносно коліс під час гальмувань та зворотно — при відпуску гальм. Сформульовано напрямки технічного вирішення ліквідації некерованих і ненормативних переміщень колодок під час гальмувань та відпуску гальм шляхом розробки технічної модернізації гальмівної системи візків вантажних вагонів.

Ключові слова: гальмівна колодка, вагон, клиноподібний знос, важільна передача, колесо, поїзд, тертя.

Вступ. Гальмівні колодки транспортних засобів залізниць виконують найважливішу функцію в сповільненні руху, їхня фрикційна взаємодія з колесами під час гальмувань перетворює кінетичну енергію рухомої маси поїзда в теплову та розсіює її в навколишнє середовище. При цьому фрикційна маса колодок у процесі енергетичних перетворень інтенсивно зношується в середовищі високих температур [1].

Постановка проблеми. Відомо, що типовий триангель, який застосовується у візках вантажних вагонів, має врівноважену конструкцію відносно свого підвішування. Він повинен забезпечувати рівномірне відведення та утримування на відповідній відстані гальмівних колодок, які приєднані до нього, без торкання до поверхні кочення колеса під час руху поїзда при відпущеному гальмі [2].

Але після приєднання до розпірки триангеля деталей гальмівної важільної передачі умова врівноваженості триангеля порушується. Він, під дією сили, яка створюється вагою приєднаних деталей схиляється до упору верхніми краями гальмівних колодок у поверхню кочення колеса. Відбувається інтенсивне тертя верхніх кінців колодок по поверхні кочення коліс під час руху без гальмування. Внаслідок цього на верхніх частинах робочої площі колодок

інтенсивно наростає місцева стертість, яка значно випереджає загальне стирання колодок під час гальмувань.

Останнім часом у більшості колодок знос відбувається нерівномірно: поступово один кінець колодки зношується інтенсивніше за протилежний, тобто клиноподібно. Погіршується ефективність гальмувань за рахунок зосередження питомих сил гальмівного натиснення на верхній укороченій місцевості стертістю частині гальмівної колодки, створюються умови інтенсивного фрикційного тепловиділення та високотемпературних пошкоджень колісних пар, кільцевих виробок, «заварів» башмаків, помилкового спрацьовування напольних температурно-діагностичних пристроїв контролю буксових вузлів на шляху прямування поїздів та ін [2].

Ця проблема турбує науковців і фахівців не тільки залізниць пострадянського простору, а і США, Канади, країн Євросоюзу, Японії, Китаю, Монголії де у візках вагонів застосовується триангельна система передачі сил гальмівного натиснення на колеса [4]. Розроблено велику кількість різноманітних пристроїв для вирішення такої проблеми. Відомо більше 30 патентів різних країн, але ні один із цих винаходів не дає змоги ефективно вирішити проблему.

Тому рішення даної проблеми стоїть досить гостро.

Теоретичний аналіз дослідження. Роботи спрямовані на дослідження ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колесами, що призводить до нерівномірного клиноподібного зносу колодок проводилися у різних країнах світу, починаючи з часів застосування трьохелементних візків із литими несучими частинами. Існує велика кількість досліджень, запропонованих заходів і технічних рішень, але й до цього часу гальмівні колодки стираються не тільки клиноподібно, а й спотворено.

Це пояснюється складністю та недостатнім вивченням фізичної природи процесів взаємодії гальмівних колодок із колесами у триангельній гальмівній системі візків.

Під керівництвом проф. В. Г. Іноземцева [5] було розроблено та впроваджено у 1980 р. для візків вантажних вагонів спеціальний пристрій рівномірного зносу колодок, який застосовується і до нині на усіх вантажних вагонах [6]. У сучасних умовах експлуатації такі пристрої руйнуються, що призводить до критично ненормованого зносу колодок.

Проблеми надійності пристроїв рівномірного відведення гальмівних колодок досліджуються у роботах творчого колективу ТОВ «Софія Інвест» під керівництвом д. т. н. А. О. Радзіховського [7]. Нові пристрої запропоновано у візках типу ASF (США), модель 578 (ОАО РЖД, ФГУП «ПО УВЗ»), типу ЗК-1 (Китай) [4] та ін.

Результати аналізу останніх досліджень та публікацій показують, що проблеми надійності пристроїв рівномірного відведення колодок, які вирішувались фахівцями різних країн світу й до цього часу не вирішені.

Про негативні наслідки на інфраструктуру залізничного транспорту та збитковість від клиноподібного зносу гальмівних колодок будь-яких досліджень не виявлено.

Мета статті. Сформулювати напрямки технічного вирішення проблем щодо негативних впливів сил, переміщень і рухів гальмівних колодок відносно коліс під час гальмувань та відпуску гальм у існуючій триангельній гальмівній системі на маятниковій підвісці.

Задачі дослідження:

- провести аналіз силових факторів існуючої конструкції триангельної гальмівної системи;
- дослідити триботехнічні закономірності особливостей клиноподібного зносу гальмівних колодок;
- виконати обґрунтування теоретичних рішень пов'язаних із ненормативними переміщеннями колодок відносно коліс, що обертаються під час руху у вагонах;
- сформулювати напрямки технічного вирішення з ліквідації некерованих і ненормативних переміщень колодок під час гальмувань та відпуску гальм шляхом розробки технічної модернізації гальмівної системи візків вантажних вагонів.

Викладення основного матеріалу дослідження. Розглянемо схему дії сил, створюваних вагою приєднаних до розпірки триангеля деталей, з утворенням крутного моменту, яка наведена на рис. 1.

На врівноважений триангель діє сила $P+P_{дин}$ від ваги приєднаного до розпірки вертикального важеля з деталями важільної передачі. Під дією цієї сили на плече l_1 , виникає крутний момент [2, 9]

$$M_{кр} = (P + P_{дин}) \cdot l_1. \quad (1)$$

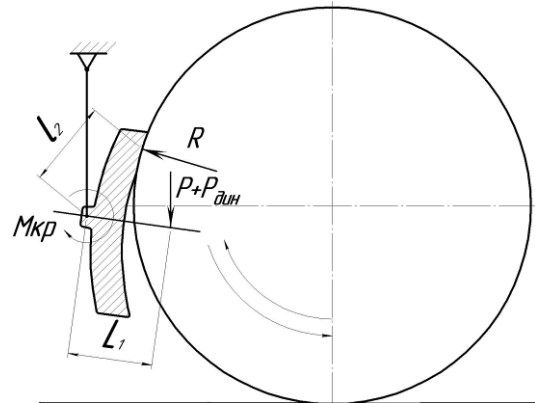


Рис. 1. Схема підвішування триангеля та спирання двох його колодок в поверхню кочення колісної пари від дії сили P , яка зумовлена вагою вертикального важеля і приєднаних до нього деталей гальмівної важільної передачі візка

При цьому триангель повертається навколо нижнього шарніра підвіски до спирання верхньою частиною пари колодок у поверхню кочення колісної пари врівноважується реакцією R , що починає діяти в зоні зіткнення колодок з колісною парою.

Складемо рівняння моментів сил у вузлах підвішування триангеля, маючи на увазі, що сила $P+P_{дин}$ діє на розпірку триангеля в його середній частині, розподіляючись на дві гальмівні колодки колісної пари.

$$(P + P_{дин}) \cdot l_1 = 2R \cdot l_2, \quad (2)$$

звідки

$$R = \frac{(P + P_{дин}) \cdot l_1}{2l_2}, \quad (3)$$

де $P+P_{дин}$ – сила, обумовлена навантаженням на триангель від ваги вертикального важеля й приєднаних до нього частин у відпущеному стані гальма, під час руху з урахуванням динамічної складової $P_{дин}$;

l_1 – плече дії сили $P+P_{дин}$ до центра підвішування гальмівних колодок;

R – сила реакції від упору колодки на колесо;

l_2 – плече дії реакції R до центра обпирання гальмівних колодок.

У такий спосіб створюється обпирання гальмівних колодок на колеса, при відпущеному гальмі. Для запобігання такого негативного явища розроблено й запропоновано велика кількість різноманітних за конструкцією пристроїв і пристосувань [4, 7, 8]. Виконаний аналіз наявних технічних рішень показав, що всі вони спрямовані на створення пристроїв протидії крутному моменту $M_{кр}$.

У той же час деталі гальмівної важільної передачі, вагою яких створюється сила P і момент $M_{кр}$, з'єднані між собою шарнірами з великими зазорами (1-10 мм) і розташовані вони в невіднесореній частині візка. Тому, під час руху вагона створюються вимушені власні коливання цих деталей, що приво-

дять до знакозмінних переміщень ударного характеру в зазорах шарнірів. Виникає значна за величиною динамічна складова $P_{дин}$. У зв'язку з тим, що у відомих конструкціях пристроїв, призначених для усунення клиноподібного зношування гальмівних колодок, створюється протидія цим силам, тоді в експлуатації такі пристрої швидко руйнуються й жоден із них не в змозі запобігти клиноподібному зношуванню гальмівних колодок [8].

Для вирішення проблеми клиноподібного зношування гальмівних колодок у триангельній системі рухомого складу пропонується зберегти (не порушувати) первісну врівноваженість триангеля, приєднаними до нього деталями гальмівної важільної передачі.

Зі схеми (див. рис. 1) видно, що для вирішення проблеми зазначеним способом необхідно ліквідувати крутний момент. Для цього необхідно, щоб у рівнянні (1) один із співмножників дорівнював нулю.

Зусилля $P+P_{дин}$ виникає в результаті дії ваги робочих деталей, тому позбутися від нього неможливо (тобто $(P+P_{дин})=0$ не може бути). Інший співмножник l_1 залежить від конструкції триангеля, тому тут є можливість за допомогою простої зміни конструкції шляхом переносу отвору шарніра в розпірці триангеля (точки, де прикладена сила $P+P_{дин}$) досягти умови коли $l_1=0$. У такому випадку можна домогтися бажаного результату, коли $M_{кр}$ буде дорівнює нулю. За рахунок цього з'являється можливість позбутися від обпирання верхніх частин колодок на колеса, так із рівняння (3) видно, що при $l_1=0$ сила реакції $R=0$.

На підставі виконаних розрахунків за складеному розмірному ланцюгу триангеля з башмаками було встановлено, що конструктивні розміри дозволяють ліквідувати плече l і тим самим позбутися від нахилу й обпирання гальмівних колодок на колеса.

Виконані дослідження відомих технічних рішень і умов експлуатації показали, що будь-які, нехай навіть дуже міцні й оригінальні пристрої, установлені в гальмівній системі візків, будуть руйнуватися тому, що вони спрямовані на протидію потужному динамічному впливу $P_{дин}$ ударного характеру, що підсилюється довжиною плеча l_1 . Тому працездатність, довговічність і ефективність таких пристроїв безумовно буде низькою, а самі пристрої складними й малоефективними.

Для вирішення цієї проблеми, як було показано вище, необхідно ліквідувати плече l_1 . Практично це не складно реалізувати шляхом перенесення точки прикладення сили $P+P_{дин}$ на одну пряму з точками підвішування триангеля. Цим можна досягти повної ліквідації шкідливого впливу на гальмівні колодки крутного моменту.

Існує ще один конструктивний недолік у системі підвішування гальмівних колодок, що приводить до нерівномірного їх відведення від поверхні кочення коліс і сприяє клиноподібному зношуванню. Він полягає в тому, що при попуску гальма верхня точка колодки рухається за малим радіусом r , а нижня — за значно більшим R (рис. 2).

Тому, при повороті підвіски 2 на кут α верхній кінець колодки 1 відходить на відстань

$$\Delta_в = r \sin \alpha, \tag{4}$$

а нижній на

$$\Delta_н = R \sin \alpha, \tag{5}$$

де r і R - відповідно відстані від верхнього шарніра підвіски до верхнього та нижнього кінців гальмівної колодки;

α - кут повороту підвіски при відпуску гальма.

Схема відводу гальмівної колодки 1 від колеса на врівноваженому триангелі 3 при повороті підвіски 2 під дією гравітаційних сил, при якому на малому радіусі r верхній кінець колодки відходить і створює недостатньо малий зазор $\Delta_в$, а поворот на великому радіусі R нижньої частини колодки створює зазор $\Delta_н$, значно перевищуючий нормативний $\Delta_{сп}$. Це вказує на те, що якщо R значно більше чим r , тоді відповідно $\Delta_н$ і $\Delta_в$ будуть істотно відрізнятися (рис. 2).

Через це під час руху поїзда, особливо при великих швидкостях, можуть відбуватися нахили триангеля, що викликають короточасні торкання або на тривалий час обпирання верхніми кінцями гальмівних колодок в колеса, що обертаються під час руху поїзда [2, 8].

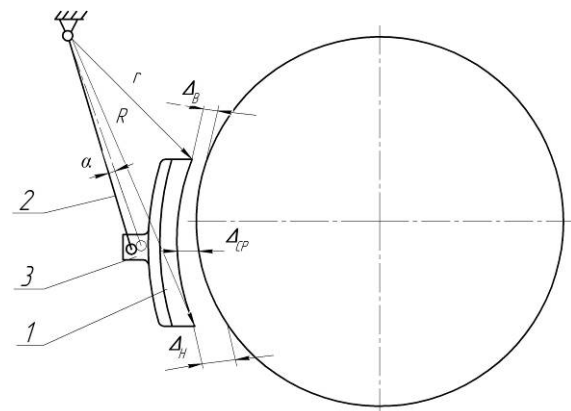


Рис. 2. Схема відводу гальмівної колодки від колеса на врівноваженому триангелі

Висновки. За результатами виконаних аналітичних досліджень розкрито актуальність проблеми виникнення негативних сил, переміщень і рухів гальмівних колодок відносно коліс під час гальмування та зворотню — при відпуску гальма.

Розроблено, сформульовано та складено послідовність виконання науково-дослідної роботи з вирішення проблем, пов'язаних із ненормативними переміщеннями колодок відносно коліс, що обертаються під час руху у вагонах.

Формалізовано напрямки технічного вирішення з ліквідації некерованих і ненормативних переміщень колодок під час гальмування та відпуску гальма розробкою технічної модернізації гальмівної системи трьохелементних візків вантажних вагонів.

Література

- Щепетильников, В. А. К вопросу о неравномерном износе колодок. Вопросы эксплуатации и ремонта подвижного состава / В. А. Щепетильников // Сб. науч. тр. / Тр. Моск. ин-та инж. ж.-д. трансп. – М.: Трансжелдориздат, 1955. – Вып. 82/3. – С. 366-381.
- Нечволода, С. І. Неузгодженість силових факторів із триботехнічними процесами — причина клиновидного зносу гальмівних колодок / С. І. Нечволода, І. Е. Мартинов // Вагонний парк. — 2013. — №10(79). - С. 14-17.
- Мартинов, І. Е. О способе полной ликвидации клиновидного износа тормозных колодок грузовых вагонов / И. Е. Мартинов, К. С. Нечволода // Вагонный парк. — 2010. — №4. - С. 36-39.
- Блохин, Е. П. Тележки ZK1 полувагонов, построенных в КНР / Е. П. Блохин, К. Т. Алпысбаев, В. Я. Панасенко и др. // Вагонный парк. — 2012. — №9 (66). - С. 12-14.
- Иноземцев, В. Г. Повышение надежности механического тормозного оборудования грузовых вагонов / В. Г. Иноземцев, В. М. Виноградов // Сб. науч. тр. / Труды ЦНИИ МПС / «Развитие и совершенствование автоматических тормозов». – М.: ЦНИИ МПС, 1974. – Вып. 507. – с. 15-24.
- Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів : ЦВ – ЦЛ - 0013. - Затв. нак. Укрзалізниці № 022-ЦЗ 25.01.2005. – Вид. офіц. – К. : Видавничий дім «САМ» 2004. - 160 с.
- Радзиховский, А. А. Системный подход к проектированию тележек для грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками / А. А. Радзиховский, И. А. Омеляненко, Л. А. Тимошина // Вагонный парк. — 2008. — №8. - С. 10-16.
- Розробка конструкторсько-технологічної документації на проведення модернізації гальмових важільних передач візків вантажних вагонів : Звіт про НДР (етап 3) : Укр. держ. акад. залізнич. трансп. ; кер. Мартинов І. Е. ; викон.: Равлюк В. Г. [та ін.] — Х., 2012. – 26 с. – Бібліогр.: с. 25.
- Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : ЦТ – ЦВ – ЦЛ - 0015. - Затв. нак. Укрзалізниці № 264-Ц 28.10.1997. – Вид. офіц. – К. : 2004. - 146 с.

References

- Shchepetilnikov, V. A. Do pytannia pro nerivnomirnyi znos kolodok. Pytannia ekspluatatsii i remontu rukhomoho skladu / V. A. Shchepetilnikov // Zb. nauch. tr. / Tr. Mosk. in-tu inzh. zh.-d. tras. - M.: Transzheldoryzdat, 1955. - Vyp. 82/3. - S. 366-381.
- Nechvoloda, S. I. Neuzgodzhenist sylovykh faktoriv iz tribotekhnichnymy protsesamy — prychna klynovydnoho znosu halmivnykh kolodok / S. I. Nechvoloda, I. E. Martynov // Vahonni park. — 2013. — №10(79). - S. 14-17.
- Martynov, I. E. Pro sposib povnoi likvidatsii klynovydnoho znosu halmivnykh kolodok vantazhnykh vahoniv / I. E. Martynov, K. S. Nechvoloda // Vahonnyi park. - 2010. - №4. - S. 36-39.
- Blokhin, E. P. Vizky ZK1 pivvahoniv, pobudovanykh v KNR / E. P. Blokhin, K. T. Alpysbaev, V. Ya. Panasenko ta in. // Vahonnyi park. - 2012. - №9 (66). - S. 12-14.
- Inozemtsev, V. H. Pidvyshchennia nadiinosti mekhanichnogo halmivnogo obladnannia vantazhnykh vahoniv / V. H. Inozemtsev, V. M. Vynohradov // Zb. nauch. tr. / Pratsi

- TsNDI MPS / «Rozvytok i vdoskonalennia avtomatychnykh halm». - M.: TsNDI MPS, 1974. - Vyp. 507. - S. 15-24.
- Instruktsiia z remontu halmivnogo obladnannia vahoniv : CV – CL - 0013. - Zatv. nak. Ukrzaliznytsi №022-CZ 25.01.2005. – Vyd. ofits. – K. : Vydavnychiy dim «SAM» 2004. - 160 s.
- Radzikhovskiy, A. A. Systemnyi pidkhd do proektuvannia vizkiv dlia vantazhnykh vahoniv z pidvyshchenymy osovymy navantazhenniamy / A. A. Radzikhovskiy, I. A. Omelianenko, L. A. Tymoshyna // Vahonnyi park. - 2008. - №8. - S. 10-16.
- Rozrobka konstruktorsko-tekhnologichnoi dokumentatsii na provedennia modernizatsii halmovykh vazhilnykh peredach vizkiv vantazhnykh vahoniv : Zvit pro NDR (etap 3) : Ukr. derzh. akad. zaliznych. transp. ; ker. Martynov I. E. ; vykon.: Ravlyuk V. G. [ta in.] — Kh., 2012. – 26 s. – Bibliogr.: s. 25.
- Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznytsiakh Ukrainy : CT – CV – CL - 0015. - Zatv. nak. Ukrzaliznytsi №264-C 28.10.1997. – Vyd. ofits. – K. : 2004. - 146 s.

Равлюк В. Г. Исследование кинематики отвода тормозных колодок от колес в тележках грузовых вагонов.

В статье рассмотрен научный подход к решению проблемы клиновидного износа тормозных колодок. Приведены аналитические исследования и раскрыта актуальность проблемы возникновения негативно-действующих сил, перемещений и движений тормозных колодок относительно колес во время торможений и обратно — при отпуске тормозов. Сформулированы направления технического решения ликвидации неуправляемых и ненормативных перемещений колодок во время торможений и отпуска тормозов путем разработки технической модернизации тормозной системы тележек грузовых вагонов.

Ключевые слова: тормозная колодка, вагон, клиновидный износ, рычажная передача, колесо, поезд, трение.

Ravlyuk V. Research kinematics of the allotment of the brake shoes from the wheels in the bogies of freight cars.

In the article the scientific approach to the problem of wedge-shaped brake pads wear. An made by analytical study and revealed the urgency of the emergence of negative-acting forces, movements and movements of brake pads relative to the wheels during braking and reverse - when vacation brakes. Formulated areas of technical solution and elimination of non-uncontrolled movements pads during braking and vacation brakes: by developing technical modernization brake trolley cars.

Keywords: brake pad, cars, wedge-shaped wear, lever transmission, wheel, train, friction.

Равлюк В. Г. — к. т. н., доцент кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту, e-mail: ravvg@ukr.net.

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 15.03.2017