

Хади Аминне – аспірант кафедри 303 "Авиационные приборы и измерения" Национального аэрокосмического университета имени М. Е. Жуковского Жуковского «Харьковский авиационный институт»; ул. Чкалова, 17, Харьков, Украина, 61070; e-mail: hadiamineh@hotmail.com

Косач Наталія Ігорівна – доктор технічних наук, професор кафедри 303 «Авіаційні прилади та вимірювання», Національного аерокосмічного університету ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»; вул. Чкалова, 17, Харків, Україна, 61070; e-mail: nataliya.kosach@khai.edu

Косач Наталья Игоревна – доктор технических наук, профессор кафедры 303 "Авиационные приборы и измерения" Национального аэрокосмического университета имени М. Е. Жуковского Жуковского «Харьковский авиационный институт»; ул. Чкалова, 17, Харьков, Украина, 61070; e-mail: nataliya.kosach@khai.edu

Hadi Amineh – graduate student, department 303 "Aviation devices and measuring", National aerospace university. M. E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute"; Chkalov str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070; e-mail: hadiamineh@hotmail.com

Kosach Nataliya Igorivna – doctor of Technical Sciences, Professor, department 303 "Aviation devices and measuring", National aerospace university. M. E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute"; Chkalov str., 17, Kharkiv, Ukraine, 61070; e-mail: nataliya.kosach@khai.edu

УДК 629.4.077

В. Г. РАВЛЮК

АНАЛІЗ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ВІД НЕНОРМАТИВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК З КОЛІСНИМИ ПАРАМИ У ВАНТАЖНИХ ВАГОНАХ

Представлено результати статистичних досліджень характеру і параметрів зносу гальмівних колодок в умовах експлуатації, процес утворення й розвитку клиноподібного зношування колодок у взаємодії з колесами, як під час руху без гальмування так і під час гальмувань. Наведено результати досліджень основних негативних наслідків від ненормативної взаємодії колодок з колесами та висвітлено основні чинники наднормативних матеріальних витрат залізничного транспорту.

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

Представлены результаты статистических исследований характера и параметров износа тормозных колодок в условиях эксплуатации, процесс образования и развития клиновидного износа колодок во взаимодействии с колесами, как во время движения без торможения, так и во время торможений. Приведены результаты исследований основных негативных последствий ненормативного взаимодействия колодок с колесами и освещены основные факторы сверхнормативных материальных затрат железнодорожного транспорта.

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

The paper analyzed the results of field surveys and feasibility study process, wedge-shaped brake pads wear, which allowed for the first time revealed a number of negative factors, causing serious damage, like railway infrastructure and the environment.

Completed studies and assessment of damages on the basis of the research force factors arising in a typical design of the beam brake system of freight wagon bogies and tribotechnical processes due obscure influence of emerging powers.

Researched chronology of the formation and development of the wedge-shaped wear pads on the initial stage of occurrence wedge-shaped state, its intensive development and to the final stage.

Taken into account the following factors: slope and friction pads on the wheel while driving without braking and braking mode, operating with forces on the shoe, wear from friction and friction heat, which generally lead to a wedge-shaped and wear pads in operation. In this analysis the following negative factors wedge-shaped formation of the state of shoes such as deterioration in braking efficiency of trains; increased costs of energy for traction trains; reduce resource brake pads; high-friction surface character of damage rolling wagon wheels and negative environmental act.

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

Вступ. Зростання об'ємів перевезень вантажів на залізничному транспорті України потребує збільшення ваги поїздів і швидкості руху. Такі збільшення можливі тільки за умови достатньої надійності роботи автоматичних гальм локомотивів і вагонів. Але стан гальмівного обладнання більшості вантажних вагонів і локомотивів за останні роки значно погіршився. У цьому полягає найбільш стримуючий чинник у збільшенні обсягів перевезень на залізницях і призводить до зростання собівартості.

Зважаючи на те, що гальмівна система сучасних вантажних поїздів найбільш вразлива й у більшості вагонів і локомотивів знаходиться у незадовільному стані, в ПАТ «Укрзалізниця» виконуються роботи щодо підвищення надійності гальм вантажних поїздів установленної та підвищеної довжини та ваги [1].

Забезпечення чіткої та надійної роботи гальмівних вузлів у процесі експлуатації вантажних поїздів є одним із головних завдань системи технічного обслуговування та ремонту вагонів [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з основних складових частин рухомого складу є гальмівна система. Саме її технічний стан головним чином впливає на надійну та безпечну експлуатацію поїздів.

Питаннями удосконалення гальмівної важільної передачі, а зокрема ліквідації клиноподібного зносу та збільшення ресурсу гальмівних колодок присвячено багато наукових праць. Зокрема у статті [3] при розробленні вітчизняного візка нового покоління для вантажних вагонів авторами запропонований пристрій для відведення колодок із автоматичним коре-

гуванням взаємного положення гальмівних колодок і поверхонь кочення коліс. У китайській гальмівній важільній передачі оригінальне конструктивне виконання у візку ZK-1 має підвіска триангеля [4]. Вона виконана на шатуні необресореної частини, яка, в свою чергу, опирається на конусні втулки через гуму, а для запобігання падіння триангеля на залізничну колію активно використовуються запобіжні троси.

Науковцями в роботах [5–10] приділено особливу увагу аналізу впливу негативних чинників, що призводять до збитків залізничної галузі від масового клиноподібного спрацювання гальмівних колодок.

Для зменшення кількості транспортних подій на залізничному транспорті України щорічно виконують аналіз [7]. За яким розробляють ряд заходів, які дають можливість покращити ситуацію на залізниці. У багатьох випадках причиною виникнення транспортних подій є несправність механічної частини гальмівного обладнання, яке не завжди вдається виявити при виконанні технічного обслуговування вантажних вагонів на шляху приямвання.

Мета статті – аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах.

Дослідження негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах. Результати проведених розширених обстежень гальмівної механічної системи візків вантажних вагонів в умовах експлуатації дозволили встановити, що більше 80 % гальмівних колодок у вантажних поїздах при русі без гальмування сильно звисають, нахилені й труть верхньою частиною по поверхні кочення коліс. У процесі фрикційного зношування такі колодки здобувають клиноподібну форму. Верхні їх кінці стають тонкими, а нижні залишаються товстими майже нестертими. При цьому верхня частина робочої маси колодок зношується не при гальмуваннях, а від тертя по колесах при русі без гальмування, створюючи шкідливий опір руху всього поїзда [5].

Аналіз результатів натурних обстежень і проведені аналітичні дослідження процесу клиноподібного зношування гальмівних колодок (рис. 1), дозволили вперше виявити ряд супутніх такому зношуванню негативних чинників, що істотно впливають на збитки, які наносяться, як залізничній інфраструктурі так і навколишньому природному середовищу [7, 10].

Обґрунтувати й оцінити збитки вдалося на підставі проведених досліджень силових чинників, що виникають у типовій конструкції триангельної гальмівної системи візків вантажних вагонів і триботехнічних процесів, обумовлених дією ненормативно виникаючих сил. Такі шкідливі сили утворюються гравітаційною масою деталей гальмової важільної передачі у візках вантажних вагонів. У той же час динамічні впливи ударного характеру, що виникають у шарнірних з'єднаннях з зазорами більше 1 мм в недресорених частинах візків руйнують як ті, що застосовуються нині механізми рівномірного зношування

гальмівних колодок, так і інші, що розробляються та впроваджуються не тільки на регіональних філіях ПАТ «Укрзалізниця», але й за кордоном.

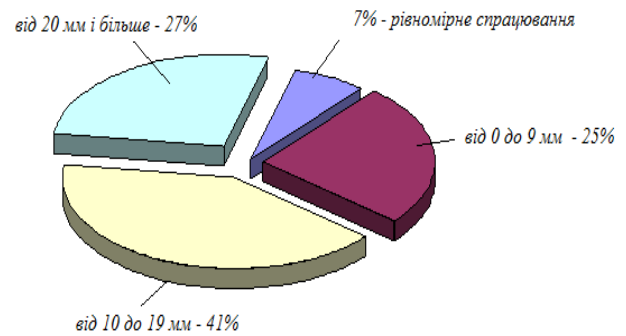


Рис. 1 – Діаграма часткового розподілу середніх розмірів ексцентричного спрацювання гальмівних колодок вантажних вагонів

Після нетривалого терміну служби такі пристрої втрачають працездатність, через це колодки нахилиються до упору верхніми краями в поверхню кочення коліс і під час руху в поїздах без гальмування на них виникає місцеве фрикційне зношування (рис. 2, а), що супроводжується тепловиділенням T_{cm} із утворенням шкідливої сили тертя F_{cm} , що створює опір обертанню колеса [5, 10].

При гальмуваннях верхня стерта частина колодок відходить від колеса й не бере участь у створенні гальмівної сили (рис. 2, б). Фрикційна взаємодія колодок з колесами, а значить і гальмівний процес істотно спотворюються через перерозподіл питомих тисків по довжині колодок $q_e > q_n$. На верхніх, укорочених стертими частинах колодок, концентруються значно більші питомі тиски, чим на нижніх. Тому верхні частини колодок зношуються прискорено з утворенням осередку інтенсивних тепловиділень T_e у контактній фрикційній взаємодії з колесами. У той же час на нижніх частинах колодок, через менші питомі тиски, зношування й тепловиділення T_n значно менше, що й приводить до клиноподібного зношування гальмівних колодок (рис. 2, в). У такий спосіб граничне зношування у верхніх частинах колодок настає значно раніше, що вимагає їх заміни при досить великій залишковій робочій масі на нижніх частинах колодок (рис. 2, г) [6].

Наведений процес спотвореного фрикційного зношування гальмівних колодок дозволив дослідити та класифікувати на групи причини збитків, які наносяться нині залізничній інфраструктурі та впливають на безпеку руху поїздів. Серед них це – погіршення ефективності гальмувань у поїздах; збільшення витрат енергоресурсів на тягу поїздів; зменшення ресурсу гальмівних колодок; пошкодження поверхні кочення коліс; негативні екологічні дії та промислові витрати. Нижче розглянемо класифікацію кожної групи.

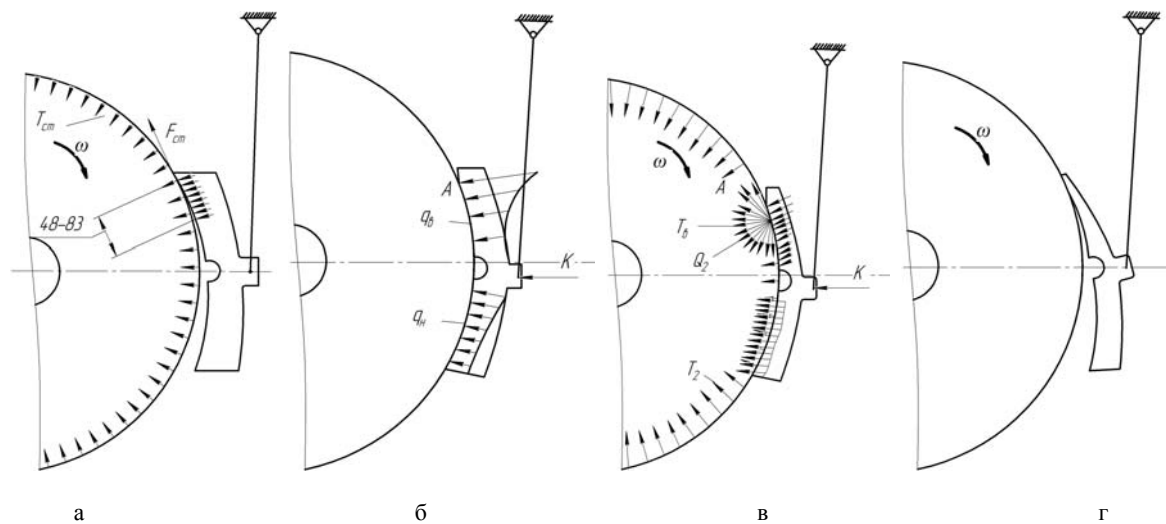


Рис. 2 – Хронографія утворення й розвитку клиноподібного зношування гальмівних колодок: а – початковий стан повномірної схиленої колодки до спірання верхньою крайкою у колесо із здійсненням тертя під час руху без гальмування; б – розподіл гальмівних контактних натисень від колодки на колесо за наявної верхньої стертості; в – кожне гальмування супроводжується інтенсивним зносом верхньої частини колодки та занадто сповільненим у нижній; г – вигляд клиноподібного зносу колодки, яку необхідно замінювати при досить великій частині неспрацьованої робочої маси в нижній її половині

Погіршення ефективності гальмувань у поїздах. Під час руху поїзда в режимі тяги й вибігу стерті верхні частини гальмівних колодок при гальмуваннях відходять від поверхні кочення коліс і не можуть приймати участі в гальмуваннях (рис. 2, в). Це приводить до суттєвого погіршення ефективності гальмувань у поїздах.

Відповідно до гальмівних нормативів таке погіршення пропорційне зменшенню контактної площі тертя колодок. За отриманими статистичними даними стертість гальмівних колодок зменшує робочу площу тертя майже на 20 %. У результаті виникнення цього явища, нині на таку ж величину збільшується гальмівний шлях вантажних поїздів через ненормативне зношування гальмівних колодок.

Збільшення витрат енергоресурсів на тягу поїздів. Тертя верхніх країв гальмівних колодок по колесах у вантажних поїздах при русі без гальмування створює силу тертя F_{cm} (рис. 2, а), що суттєво збільшує опір руху поїзда, на подолання якого додатково витрачаються енергоносії. Відповідно до проведених тягових розрахунків додатковий опір руху, що створюється частковим тертям верхніми краями гальмівних колодок по колесах, становить 3–8 % залежно від ваги поїзда. Звідси впливає, що в цей час, через часткове тертя гальмівних колодок по колесах, витрата енергоносіїв на тягу вантажних поїздів збільшена у середньому більше ніж на 5 %.

Зменшення ресурсу гальмівних колодок. У середньому близько 47 % робочої маси гальмівних колодок нині зношується корисно при гальмуваннях, що й визначає їх ресурс (рис. 3). У іншій частині робочої маси колодок близько 14 % шкідливо зношується тертям по

колесах при русі без гальмування й 39 % колодок залишається клиноподібно зношених, які непридатні до подальшого використання та експлуатації на вагонах [5, 7, 8].



Рис. 3 – Типовий зразок спотворено зношеної гальмівної колодки

Пошкодження поверхні кочення коліс. Гальмування частково стертими вгорі колодками супроводжується утворенням концентрованого осередка з високотемпературними впливами на поверхню кочення коліс (рис. 2, в), наслідком яких стають вищербини, сітка термічних поверхневих мікротріщин, кільцеві виробки, навари та ін. дефекти й пошкодження, що

потребують значних витрат для заміни та ремонту колісних пар вагонів шляхом – обточування їх поверхонь та приведення до нормативних геометричних параметрів [8].

При граничному зношуванні колодок виникає загроза тертя по поверхні кочення колеса верхнім краєм сталевго гальмівного башмака в який кріпиться колодка. Такі випадки прийнято класифікувати як «завар башмака». Він пошкоджує геометричні параметри поверхні кочення колеса й призводить до виникнення транспортних подій та спричиняє негативні наслідки для залізниці. Результатом яких є значні нанесені збитки залізничному транспорту від затримання поїзда на перегоні, що в свою чергу призводить до збою графіку руху поїздів на дільниці де сталася транспортна подія, з подальшим відчепленням вагона з несправною колісною парою від поїзда для виконання технічного обслуговування з відчепленням на механізованих пунктах, які мають спеціалізовані засоби та технологічне обладнання для заміни колісної пари вагона [9].

Негативні екологічні діяння. Шкідливий молекулярно-механічний процес зношування у високотем-

пературному середовищі від застосування нині полімерних композиційних гальмівних колодок супроводжується утворенням отруйного явища навколо кожного поїзда, що рухається. Це дрібнодисперсні порохо- і димоподібні частинки: гуми, сажі, азбесту, бариту, електрокорунду, графіту, сірки та ін. хімічних компонентів робочої маси колодок, що розсіюються та отруюють природне навколишнє середовище й фіброгенно діють на дихальні шляхи людей і тварин. Такі гальмівні колодки повинні бути заборонені. Однак, через свою низьку собівартість виготовлення вони широко застосовуються на залізницях всіх країн СНД, що дозволяє наднормативно й безгосподарно їх використовувати при спотвореному зносі. Замість корисного зносу, здійснюючи гальмування поїздів, колодки перетворюються у тверді полімерні промислові відходи (рис. 4), які технологічно неможливо переробляти. Тому тисячі тон не повністю стертих гальмівних колодок, що використовувалися при експлуатації на вантажних вагонах залізничного транспорту вивозяться й накопичуються на промислових сміттєвих смітниках, істотно збільшуючи їх обсяги.



Рис. 4 – Видгляд відпрацьованих гальмівних колодок, підготовлених до вивезення на смітник

Промислові витрати. Такі витрати пов'язані з наднормативним (більш ніж у два рази) придбанням і транспортуванням нових гальмівних колодок від підприємств виготовлювачів на всю мережу залізничних станцій і підприємств, де передбачена заміна непридатних колодок. Вагомими стають і збитки, пов'язані з вивозом і утилізаційним нагромадженням знятих колодок із великими залишками полімерної робочої маси на смітниках.

Одночасно більш ніж удвічі збільшуються трудовитрати, які пов'язані із заміною спотворено зношених гальмівних колодок на нові й подальшим регулюванням гальмівних важільних передач вагонів.

Такий стан з роботою й зношуванням гальмівних колодок у вантажних вагонах, як найбільш масовому

виді рухомого складу, завдає істотної шкоди залізничній інфраструктурі й вимагає вживання необхідних серйозних заходів.

Висновки. Виконаний аналіз негативних наслідків від клиноподібного зносу гальмівних колодок вказує та те, що досліджувана проблема стоїть досить гостро для залізничного транспорту, через значні матеріальні збитки.

Проведені дослідження процесів утворення й розвитку клиноподібного зносу колодок дають можливість напрацювати напрямки вирішення такої проблеми у подальшій роботі.

Список літератури:

1. Асадченко, В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава [Текст] / В. Р. Асадченко. – Москва: Маршрут, 2006. – 392 с.
2. Бабаєв, А. М. Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць [Текст]: навч. посіб. / А. М. Бабаєв, Д. В. Дмитрієв. – Київ: ДЕТУТ, 2007. – 176 с.
3. Радзиковский, А. А. Устройство отвода тормозных колодок [Текст] / А. А. Радзиковский, И. А. Омеляненко, Л. А. Тимошина // Вагонный парк. – 2009. – № (11–12). – С. 18–21.
4. Блохин, Е. П. Тележки ZK1 полувагонов, построенных в КНР [Текст] / Е. П. Блохин, К. Т. Алпысбаев, В. Я. Панасенко // Вагонный парк. – 2012. – № 9 (66). – С. 12–14.
5. Нечволода, С. І. Проблеми нерівномірного зносу гальмівних колодок у вантажних вагонах [Текст]: зб. наук. праць / С. І. Нечволода, М. О. Романюха, К. С. Нечволода // УкрДАЗТ. – 2007. – № 86. – С. 50–56.
6. Мартынов, И. Э. О способе полной ликвидации клиновидного износа тормозных колодок грузовых вагонов [Текст] / И. Э. Мартынов, К. С. Нечволода // Вагонный парк. – 2010. – № 4. – С. 36–39.
7. Аналіз стану безпеки руху поїздів на залізницях України за 2013 рік [Текст] / Головне управління вагонного господарства. – Київ, 2013. – 24 с.
8. Болотина, А. Б. Исследование параметров и совершенствование механической части тормозной системы грузовых вагонов с учетом перспективных условий эксплуатации [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А. Б. Болотина. – Москва, 2000. – 244 с.
9. Дроздов, Е. В. Определение причин и разработка способов устранения неравномерного износа тормозных колодок на грузовых вагонах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Дроздов. – Москва, 1986. – 286 с.
10. Нечволода, К. С. Проведення розширених експлуатаційних випробовувань важільних передач візків вантажних вагонів обладнаних пристроями рівномірного зносу гальмових колодок [Текст] / К. С. Нечволода, В. Г. Равлюк. – Харків: Український державний університет залізничного транспорту, 2013. – 52 с.

Bibliography (transliterated):

1. Asadchenko, V. R. (2006). Automatic brake podvyzhnoho composition Textbook posobyе. – Moscow: Route, 392.
2. Babayev, A. M., Dmitriev, D. V. (2007). The principle of the calculations and fundamentals of operation of brakes for rail transport. Kyiv: DETUT, 176.
3. Radzikhovskiy, A. A., Omelianenko, I. A., Tymoshyna, L. A. (2009). Prysirii vidvodu halmivnykh kolodok. Vahonnyi park. 11–12, 18–21.
4. Blokhin, E. P., Alpysbaev, K. T., Panasenko, V. Ya. (2012) Vizky ZK1 pivvahoniv, pobudovanykh v KNR. Vahonnyi park, 9 (66), 12–14.
5. Nechvoloda, S. I., Romanyuha, M. O., Nechvoloda, K. S. (2007). Problems of uneven wear of brake blocks in freight wagons. UkrDAZT, 86, 50–56.
6. Martynov, I. E., Nechvoloda, K. S. (2010). On a method to the complete elimination of the wedge brake pad wear wagons. Vahonnyi park, 4, 36–39.
7. Analysis of traffic safety on the railways of Ukraine for 2013 (2013). Department carload economy, Kyiv, 24.
8. Bolotyna, A. B. (2000). Yssledovanye parametrov y sovershenstvovanye mekhanicheskoi chasti tormoznoy systemi hruzovikh vahonov s uchetom perspektivnykh uslovyi ekspluatatsyi. Moscow; 244.
9. Drozdov, E. V. (1986). Opredelenye prychyn y razrabotka sposobov ustraneniya neravnomernoho yznosa tormoznykh kolodok na hruzovnykh vahonakh. – Moscow; 286.
10. Nechvoloda, K. S., Ravlyuk, V. G. (2013). Provedennya rozshyreny'x ekspluatatsijny'x vy'provovuvan' vazhil'ny'x peredach vizkiv vantazhny'x vagoniv obladnany'x pry'stroymy' rivnomirnogo znosu gal'movy'x kolodok. Kharkiv: Ukrayins'ky'j derzhavny'j universy'tet zalizny'chnogo transportu, 52.

Надійшла (received) 20.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах / В. Г. Равлюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 49(1221). – С.119–123. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Анализ негативных последствий от ненормативного взаимодействия тормозных колодок с колесными парами в грузовых вагонах / В. Г. Равлюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 49(1221). – С.119–123. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Analysis of negative consequences resulting from inappropriate interaction between brake pads and wheel pairs of freight wagons / V. Ravlyuk // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 49 (1221). – P.119–123. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Відомості про автора / Сведения об авторе / About the Author

Равлюк Василь Григорович – кандидат технічних наук, доцент, кафедра вагонів, Український державний університет залізничного транспорту (УкрДУЗТ), пл. Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050, E-mail: ravg@ukr.net.

Равлюк Василий Григорьевич – кандидат технических наук, доцент, кафедра вагонів, Український державний університет залізничного транспорту (УкрДУЗТ), пл. Фейербаха, 7, м. Харків, Україна, 61050, E-mail: ravg@ukr.net.

Ravlyuk Vassyl – PhD, Associate professor, Department of Wagons, Ukrainian State University of Railway Transport, 7 Feuerbach sq., Kharkiv, Ukraine, 61050, E-mail: ravg@ukr.net.