

К.А. Сіренко, канд. техн. наук, заст. зав. відділу, e-mail: thermoexp.metal@gmail.com,

<https://orcid.org/0000-0003-2613-8094>

В.Л. Мазур, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., гол. наук. співр.,

e-mail: prof.vlm@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-8970-5389>

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Київ, Україна)

Ефективність застосування гальмівних колодок на залізничному транспорті, виготовлених із чавуну і композиційної гумосуміші

Наведено результати досліджень, присвячених аналізу ефективності застосування на рухомих засобах залізничного транспорту гальмівних колодок, виготовлених із чавуну та композиційної гумосуміші. Також порівняно механічні властивості, теплопровідність, експлуатаційні характеристики композиційних колодок з чавунними вставками. Показано, що суттєвим недоліком композиційних колодок, порівняно з чавунними колодками, є відсутність в технічних умовах на колодки із композиційної гумосуміші вимог до відсоткового вмісту її компонентів та їх технічного складу й навіть вимог до хімічного складу і властивостей чавунних вставок у фрикційному елементі композиційних колодок. Підкреслено, що оснащення композиційних колодок чавунними вставками не рятує ситуацію з відносно низькою теплопровідністю композиційних колодок, але значно підвищило їх ціну. Представлено результати дослідження причин, механізму, наслідків утворення дефектів на поверхні кочення коліс у процесі їх тертя по колесам транспортних засобів. Наведено неспростовні докази сприяння композиційних колодок пошкодженню робочої поверхні коліс залізничного рухомого складу. Зазначене збільшує експлуатаційні витрати залізниці на демонтаж—монтаж та ремонт колісних пар. Дефекти на поверхні кочення коліс, що обумовлені взаємодією з композиційними колодками, негативно впливають і на пошкодження залізничних рейок. Постійне збільшення ціни композиційних гальмівних колодок негативно відображається на економічних показниках діяльності залізниці.

Ключові слова: гальмівні колодки залізничного транспорту, матеріал колодок, чавун, композиційна гумосуміш, переваги, недоліки, ефективність.

Зростання інтенсивності експлуатації залізничного транспорту в усіх країнах посилює актуальність робіт у напрямі покращення якості, експлуатаційних характеристик, працездатності, екологічної безпеки виробів відповідального призначення для залізниці. У тому числі коліс рухомих транспортних засобів, залізничних рейок, гальмівних колодок тощо. Ця стаття продовжує цикл публікацій результатів досліджень, які виконуються у Фізико-технологічному інституті металів та

сплавів (ФТІМС) Національної академії наук України протягом десятиліть разом з іншими науковими центрами, університетами, підприємствами тощо [1—13 та ін.]. Гальмівні колодки, які застосовують у гальмівних системах рухомого складу залізниці, не тільки суттєво впливають на експлуатаційну стійкість коліс, оскільки зумовлюють умови тертя колодок по поверхні кочення коліс та їх зносостійкість, а й на утворення дефектів на цій поверхні, загалом на техніко-економічні показники діяльності залізниці.

В Україні гальмівні колодки залізничного транспорту виготовляють із чавуну та з так званого композиційного (композитного) матеріалу. А саме із гумосуміші, компонентами якої зазвичай є каучук, барит, вуглець технічний, сірка мелена, різні волокна та інші речовини. У процесі виготовлення гальмівних колодок із композиційної гумосуміші її інгредієнти після дроблення і перемішування витримують у спеціальних прес-формах за температури 175—180 °С під тиском 200—300 кгс/см² [1]. Чавунні гальмівні колодки виготовляють литтям на ливарних заводах. Гальмівні колодки із чавуну і композиційної гумосуміші мають різні фізико-механічні властивості (теплопровідність, твердість, міцність тощо), від чого залежать структурні перетворення поверхневого шару коліс у процесі експлуатації. Тертя колодок по поверхні кочення коліс нерідко призводить до виникнення дефектів коліс, що потребує їх переточування, впливає на техніко-економічні показники роботи залізниці загалом. Дефекти на поверхні кочення коліс пошкоджують залізничні рейки, внаслідок чого залізниця несе збитки. Враховуючи вищевикладене, актуальною задачею у зазначеній темі є аналіз впливу матеріалу гальмівних колодок, з якого вони виготовлені (чавуну чи композиційної гумосуміші), на техніко-економічну ефективність їх застосування на залізничному транспорті.

Для виключення помилок у тлумаченні поняття композит, композиційна гумосуміш, з якої виготовляють композиційні (композитні) колодки, в подальшому тексті під терміном «композиційний матеріал» будемо розуміти гетерофазний матеріал (гумосуміш), сформований із різних вищезгаданих інгредієнтів, які у його складі зберігають свої хімічний склад, структуру, властивості. На відміну від зазначеної механічної гумосуміші композитний матеріал у вигляді сплаву в результаті сплавлення не зберігає властивості його компонентів. Більш розгорнуто ця тема розглянута у нашій статті [12].

Результати досліджень ефективності застосування в діяльності залізниці гальмівних колодок із різних матеріалів, виконаних науково-дослідними інститутами Національної академії наук України, університетами, промисловими установами, свідчать про наступне.

Техніко-економічна ефективність застосування на залізничному транспорті гальмівних колодок із чавуну і композиційної гумосуміші визначається не тільки вартістю, зносостійкістю та тривалістю експлуатації самих колодок, а й їх впливом на зносостійкість, працездатність та обслуговування колісних пар транспортних засобів і залізничних рейок. Збільшення пошкоджень і дефектів поверхні кочення коліс, що має місце при застосуванні гальмівних колодок, виготовлених з композиційної гумосуміші, призводить до необхідності додаткового вартісного технічного обслуговування колісних пар, включаючи їх демонтаж-монтаж і обточування на колесотокарних верстатах для відновлення профілю поверхні кочення коліс. Обумовлене утворенням дефектів на поверхні коліс їх обточування скорочує загальну тривалість

експлуатації коліс. Додаткові витрати на виконання зазначених ремонтних операцій і на закупівлю нових коліс ставлять під сумнів доцільність масового застосування композиційних гальмівних колодок в системі української залізниці внаслідок негативного впливу на її техніко-економічну діяльність [4, 6, 8—11 та ін.]. Однозначно доведено, що застосування композиційних гальмівних колодок, виготовлених із композиційної гумосуміші, сприяє утворенню дефектів на поверхні кочення коліс рухомих засобів та залізничних рейок і скорочує тривалість їх експлуатації. Саме цей ефект вирішальним чином погіршує результати економічної діяльності залізниці загалом [1, 10, 14—22 та ін.].

Висновок, що композиційні гальмівні колодки сприяють утворенню дефектів на поверхні кочення коліс рухомих засобів ґрунтується на результатах численних досліджень за відповідною тематикою. Розлога інформація, присвячена цій темі, представлена у нашій статті [9] і роботах [23—28], однозначно і неспростовно свідчить, що **гальмівні колодки, виготовлені із композиційної гумосуміші, внаслідок їх гіршої теплопровідності, порівняно з чавунними колодками, більшою мірою сприяють утворенню дефектів на поверхні кочення коліс і залізничних рейок.** Зазначений висновок відповідає законам фізики і базується на результатах дослідів і виробничій практиці щодо утворення дефектів на поверхні кочення тисяч, підкреслюємо — тисяч гальмівних колодок із різних матеріалів. Конкретну інформацію з цього приводу наведено, наприклад, у монографії [1], де на стор. 82 (з посиланням на позицію залізничників) зазначається, що «*композиційні колодки сприяють утворенню дефектів металу коліс у вигляді тріщин, виривів, повзунів, а це потребує переточування колісних пар*». У статті [23] зауважено, що «*найбільшу імовірність появи повзунів мають внутрішні колісні пари для вагонів з композиційними колодками. Для чавунних колодок імовірність появи повзунів незначна, майже нульова*». Цей висновок зроблено вченими провідної в Україні наукової установи у сфері залізничного транспорту, а саме ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»).

Висновок щодо негативного впливу гальмівних композиційних колодок на економічні та екологічні аспекти діяльності АТ «Укрзалізниця» обґрунтовано у нашій доповіді [11]. У літературних джерелах, проаналізованих в цій доповіді, представлені переконливі результати досліджень університетів та інститутів залізничного транспорту, які однозначно спростовують рекламу композиційних гальмівних колодок з питання нібито їх безпечності щодо утворення дефектів на поверхні кочення коліс і, як наслідок цього, негативного їх впливу на техніко-економічну ефективність використання цих колодок у діяльності залізниці. Акцентовано увагу на тому, що гальмівні колодки із композиційної гумосуміші внаслідок їх гіршої теплопровідності, порівняно з чавунними колодками, сприяють не тільки утворенню дефектів на поверхні коліс транспортних засобів, а й опосередковано пошкодженню залізничних рейок. Ефект негативного

впливу композиційних гальмівних колодок на рейки у технічній літературі обговорюється недостатньо.

Пошкодження поверхні кочення залізничних рейок виникають насамперед внаслідок ударних навантажень на рейки, що спричиняють поверхневі дефекти коліс транспортних засобів. Але першопричина зазначеного обумовлена низькою теплопровідністю композиційного матеріалу (гумосуміші) композиційних гальмівних колодок і, як результат, недостатнім відводом тепла із зони тертя колодок по поверхні коліс, що й призводить до утворення дефектів на поверхні кочення коліс транспортних засобів та рейок [29—30 та ін.].

Підкреслюємо, що основна причина збільшення утворення дефектів на поверхні кочення коліс рухомих засобів залізничного транспорту при застосуванні композиційних гальмівних колодок, порівняно з чавунними колодками, полягає в тому, що композиційна гумосуміш колодок має суттєво гіршу теплопровідність порівняно з теплопровідністю чавуну. В результаті при гальмуванні рухомих засобів у зоні контакту композиційних колодок з колесами виникає занадто висока, іноді до 900 °C [2], локальна температура, що й призводить до термічних пошкоджень поверхні кочення коліс, а згодом й залізничних рейок. Створюється небезпека горіння гумосуміші композиційних колодок. Температура самозапалювання композиційних колодок згідно з технічними умовами на них складає 350—500 °C.

До дефектів поверхні кочення коліс, які виникають внаслідок їх термомеханічного пошкодження через низьку теплопровідність композиційних колодок, прямо чи опосередковано відносять навари, повзуни, термічні тріщини, вищербини тощо [18—19, 31—34 та ін.]. Формування осередків руйнування поверхневого шару коліс і утворення названих дефектів обумовлено циклічними перегрівами зони тертя гальмівних колодок по поверхні кочення коліс в процесі гальмування рухомих засобів. Швидке зростання температури до 900 °C є найбільш ймовірною причиною виникнення вищербин та інших дефектів металу на поверхні коліс. Зазначеної високої температури достатньо для початку фазових перетворень у тонкому прошарку металу коліс. Циклічна зміна температури поверхневого шару товщиною (1,0...2,5) мм металу коліс при гальмуванні потягів супроводжується зміною етапів зміцнення (наклепу) металу та його знеміцнення. За впливу температурно-силових умов під час гальмування в зонах контакту «колодка—колесо» і «колесо—рейка» утворюються не тільки повзуни, вищербини, а також інші дефекти на поверхні кочення [1—3, 24—28, 34 та ін.].

Оснащення композиційних колодок чавунними вставками або чавунним каркасом, яке здійснюється для покращення відводу тепла із зони контакту колодки з колесом, кардинально не рятує ситуацію щодо недостатньої теплопровідності колодок із гумосуміші. При тому, що знижує міцність колодок і суттєво підвищує їх ціну. Під приводом оснащення чавунними вставками фрикційного елемента із гумосуміші композиційних колодок їх ціна не виправ-

дано підвищена у рази без суттєвого покращення якості [5]. У технічних умовах на композиційні гальмові колодки з чавунними вставками ТУ У 23.9-35046274-053:2015 «Колодка гальмова композиційна з чавунними вставками для залізничного транспорту» і ТУ У 30.2-35046274-059:2016 «Колодка гальмова композиційна з чавунними вставками для моторвагонного рухомого складу» не регламентовано не тільки хімічний склад композиту, а **навіть не регламентовано й хімічний склад чавуну, з якого виготовлені чавунні вставки. В названих технічних умовах надано посилення тільки на ГОСТ 1412, який, до речі, вже не діє. Більше того в цьому ГОСТ представлено дев'ять марок чавуну від СЧ10 до СЧ35.** І чавун кожної марки має свій конкретний хімічний склад, свої особливі мікроструктуру, механічні та інші властивості. А з якого чавуну виготовляють чавунні вставки? Який хімічний склад і мікроструктуру повинен мати чавун цих вставок? На превеликий жаль, ці технічні вимоги до композиційних колодок з чавунними вставками навіть в технічних умовах на цю продукцію не регламентуються. **Зазначене призводить до різних величин коефіцієнта тертя чавунних вставок і гумосуміші у фрикційному елементі таких композиційних колодок. Загалом до неконтрольованих експлуатаційних характеристик композиційних колодок з чавунними вставками.** Нестабільність коефіцієнта тертя композиційних гальмівних колодок є недоліком, частково позбавитися якого можна і необхідно шляхом регламентації відсоткового вмісту компонентів композиційного матеріалу, їх хімічного складу в технічних умовах на колодки, а також хімічного складу та механічних властивостей чавунних вставок. Такі пропозиції надано в статтях [1—6, 35].

В монографії [1, с. 98—99], яка опублікована ще у 2009 році, вчені ФТІМС НАН України звертали увагу на необхідності регламентації у технічних умовах (далі за текстом ТУ) на гальмівні композиційні колодки вимог щодо відсоткового вмісту компонентів композиційної гумосуміші та їх хімічного складу. Також внесення до тексту ТУ гарантій щодо наслідків експлуатації композиційних колодок конкретного типу. Доопрацювання ТУ на гальмівні композиційні колодки у зазначеному напрямі виключить із виробничої практики випадки, коли поставлена залізничникам продукція може не відповідати вказаній у супровідній документації. Однозначно, що в ТУ мають бути регламентовані і методи контролю складу композиційної гумосуміші. Прикладом у цьому можуть стати стандарти на чавунні колодки, де усі показники чавуну (хімічний склад, мікроструктура, властивості тощо) ретельно визначені.

Викладені вище аргументи свідчать, що показником ефективності використання чавунних або композиційних гальмівних колодок на залізничному транспорті є не тільки їх ціна і тривалість експлуатації, а й витрати на обслуговування колісних пар вагонів при застосуванні колодок з різних матеріалів і не тільки [1, 11, 13 та ін.]. В доповнення до зазначено-

го акцентуємо увагу, що вартість гальмівних колодок як з чавуну, так й з композиційної гумосуміші, у сотню разів менша за ціну коліс. Застосування композиційних гальмівних колодок суттєво знижує працездатність коліс залізничних рухомих засобів внаслідок утворення на їх поверхні повзунів, наварів, термічних тріщин, інших дефектів, а далі пошкоджень поверхні кочення залізничних рейок. Тому залізниця має використовувати гальмівні колодки, які не сприяють прямо чи опосередковано утворенню дефектів на поверхні коліс і пошкодженню залізничних рейок, які потребують їх ремонту чи заміни.

Механізм утворення дефектів на поверхні залізничних рейок складається з наступних етапів.

Під час гальмування потягів внаслідок посиленого тертя з гальмівними колодками нагріваються колеса рухомих засобів. Далі колеса нагрівають поверхню кочення рейок, підвищуючи їх температуру. Зазначене призводить до утворення термічних тріщин та інших дефектів вже на поверхні рейок. Такі термічні тріщини поступово перетворюються у вищербни. Ці дефекти виникають, коли температура сталі перевищує її критичні точки. Тобто термічні тріщини є наслідком циклічних температурних напружень, що перевищують границю втоми сталі.

Під впливом циклічних підвищень і коливань температури та навантажень в зоні тертя поверхонь композиційних гальмівних колодок і коліс транспортних засобів, а також внаслідок обумовленого цим старіння та деструкції композиційної гумосуміші, що взагалі притаманно будь-яким виробам з гуми, у процесі експлуатації композиційних колодок відбувається руйнування початкової структури і, відповідно, неконтрольована зміна механічних та фрикційних властивостей гумосуміші. В результаті у процесі експлуатації композиційних колодок коефіцієнт тертя фрикційного елемента гумосуміші колодок по поверхні кочення коліс змінюється. Зазначене ускладнює вибір режиму тиску колодок на колеса, необхідного для забезпечення потрібного темпу гальмування потягів.

Чавунні колодки не зазнають суттєвих змін властивостей та експлуатаційних характеристик матеріалу (чавуну) їх фрикційного елемента під час застосування, що забезпечує стабільність режимів гальмування потягів.

В технічній літературі тему шкідливого впливу на здоров'я людей та на довкілля пилу продуктів зносу композиційних гальмівних колодок одними з перших порушили вчені Української державної академії залізничного транспорту (м. Харків). Цитуємо висновки із статті [39]: **«...молекулярно-механічне тертя полімерних композиційних гальмівних колодок по колесах супроводжується утворенням отруйного смогу навколо кожного потяга. Це розсіюються дрібнодисперсні частинки гуми, сажі, азбесту, бариту, електрокорунду, графіту, сірки та інших хімічних компонентів робочої маси колодок, отруюють навколишнє природне середовище і впливають на дихальні шляхи людей і тварин. Такі гальмівні колодки**

повинні бути заборонені». Цей висновок дослівно повторений у статті [16, с. 119—123]. Розгорнутий висновок щодо забруднення довкілля України важкими металами у вигляді продуктів зносу композиційних колодок залізничного транспорту опубліковано у статтях [36—37].

При порівнянні економічної ефективності використання на залізницях України гальмівних колодок, виготовлених із чавуну, і колодок з композиційної гумосуміші, необхідно обов'язково враховувати той факт, що продукти зносу у вигляді пилу композиційної гумосуміші гальмівних колодок шкідливі для людей та навколишнього середовища. Витрати на лікування людей, які хворіють з цієї причини, необхідно враховувати. Аналіз цього аспекту проблеми свідчить про суттєві мінуси для держави, які виникають у разі використання на залізниці токсичних композиційних гальмівних колодок замість екологічно безпечних колодок із чавуну. Зазначена проблема має державне значення і потребує невідкладного вирішення на законодавчому і відомчому рівнях.

На завершення наведеного огляду відмітимо, що в країнах Європейського Союзу і Швейцарії на вантажних вагонах більш ніж у 70 % використовують чавунні гальмівні колодки [40]. Принагідно зауважимо, що багаторічний досвід застосування композиційних гальмівних колодок на залізниці свідчить про обов'язковість в осінньо-зимовий період замінювати їх на чавунні колодки для створення безпечних умов на залізничному транспорті. Загальновідомо, що в умовах дощу, снігу, низьких температур використання композиційних колодок із гумосуміші не гарантує безаварійну роботу гальмівних систем рухомих засобів. Зимові погодні умови, підвищена вологість на поверхні контакту композиційної колодки з колесом негативно впливають на коефіцієнт тертя при гальмуванні потягів. В зимовий період композиційні гальмівні замінюють на чавунні також для попередження утворення дефектів на поверхні кочення коліс [1, с. 74, 103].

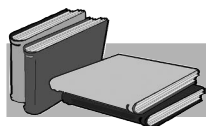
Загалом результати досліджень гальмівних колодок залізничного транспорту, виконаних у ФТІМС НАН України і наведених у монографіях, статтях, доповідях тощо, дозволяє стверджувати [1, с. 67], що «...більш ніж сторічний досвід використання чавунних гальмівних колодок на залізничному транспорті, порівняно з композиційними колодками, свідчить про їх значно меншу кількість негативних впливів на колеса, ніж при експлуатації композиційних гальмівних колодок».

Висновки

Всебічний аналіз результатів досліджень причин, механізму, наслідків виникнення дефектів на поверхні кочення декілька тисяч коліс рухомих засобів залізниці однозначно засвідчує підвищену схильність гальмівних колодок, виготовлених із композиційної гумосуміші, до пошкодження коліс, порівняно з чавунними колодками. Внаслідок постійної ударної

дії дефекти на поверхні коліс пошкоджують поверхню кочення залізничних рейок, що прискорює їх зношення. Основною причиною схильності композиційних гальмівних колодок до утворення пошкоджень поверхні кочення коліс є відносно низька теплопровідність композиційного матеріалу (гумосуміші) фрикційного елемента відповідних колодок. Оснащення чавунними вставками фрикційного елемента із гумосуміші кардинально не вирішує проблему низької теплопровідності композиційних колодок у цілому. Посилене дефектоутворення на поверхні кочення коліс, обумовлене застосуванням на практиці композиційних гальмівних колодок, потребує вартісного ремонту колісних пар, включа-

ючи обточування коліс на токарних верстатах, і призводить до суттєвого погіршення техніко-економічних показників діяльності залізниці. Ефективність використання у промисловій практиці гальмівних колодок із композиційної гумосуміші, порівняно з чавунними колодками, має оцінюватися комплексно, з врахуванням усіх факторів, які впливають на економіку залізниці, а не тільки за зносостійкістю колодок. Негативним фактором щодо якості і безпеки застосування гальмівних колодок, виготовлених із композиційної гумосуміші, є токсичність, небезпечність продуктів їх зносу, а саме шкідливого для здоров'я людей і довкілля України пилу від тертя гумосуміші по поверхні кочення коліс.

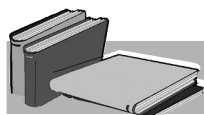


ЛІТЕРАТУРА

1. Неижко И.Г., Найдек В.Л., Гаврилюк В.П. Тормозные колодки железнодорожного транспорта. Киев: НАН Украины, Физ.-технол. ин-т металлов и сплавов, 2009. 121 с.
2. Неижко И.Г. Термическая обработка чугуна. Киев: Наукова думка, 1992. 208 с.
3. Мазур В.Л., Найдек В.Л., Попов Є.С. Порівняння чавунних і композиційних з чавунними вставками гальмових колодок для рухомого складу залізниці. *Метал та лиття України*. 2021. Т. 29. № 2 (325). С. 80—89.
4. Попов Е.С., Шинский О.И. Анализ показателей качества колодок тормозных чугунных и композиционных для железнодорожного подвижного состава. *Литье и металлургия*. 2021. № 1. С. 27—37. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-27-37>
5. Сіренко К.А., Мазур В.Л. Вибір чавуну для вставок у фрикційний елемент гальмівних колодок рухомого залізничного транспорту. *Метал та лиття України*. 2024. Т. 32. № 3—4(338—339). С. 49—57. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.03-04.006>
6. Мазур В.Л., Сіренко К.А. Аналіз тенденцій розвитку виробництва литва з синтетичного чавуну (на прикладі порівняння гальмових колодок для рухомого складу залізниці, виготовлених з різних матеріалів). *Теорія і практика металургії*. 2022. № 3 (134). С. 5—14. URL: https://nmetau.edu.ua/file/zh_03_2022_site.pdf (дата звернення: 28.02.2026).
7. Сіренко К.А., Мазур В.Л. Аналіз впливу матеріалу гальмівних колодок на утворення дефектів на поверхні кочення коліс залізничного транспорту. *Метал та лиття України*. 2024. Т. 32. № 2 (337). С. 64—70. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.02.008>
8. Сіренко К.А., Мазур В.Л. Причини, механізм та наслідки впливу гальмівних колодок залізничного транспорту на утворення дефектів поверхні кочення коліс і рейок. *Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективні технології, матеріали та обладнання в ливарному виробництві»*. Україна, Краматорськ, ДДМА, 21—23 жовтня 2025. С. 104—105.
9. Мазур В.Л., Сіренко К.А. Вплив гальмівних колодок на утворення дефектів поверхні кочення коліс залізничного транспорту і рейок. *Науково-технічний журнал «Металознавство та обробка металів»*. 2025. Т. 31. № 3. С. 22—34. <https://doi.org/10.15407/tom2025.03.022>
10. Мазур В.Л., Сіренко К.А. Економічні та екологічні аспекти використання гальмових колодок з чавуну чи композиційного матеріалу для залізничного транспорту. *Процеси лиття*. 2022. № 3 (149). С. 54—62. <https://doi.org/10.15407/plit2022.03.054>
11. Сіренко К.А., Мазур В.Л. Негативні наслідки застосування гальмівних композиційних колодок на залізничному транспорті України (економічні та екологічні аспекти). *«Прогресивні технології засобів та транспорту»*. Тези 3-ї міжнародної науково-технічної конференції. Харків, УкрДУЗТ, 2025. С. 132—134.
12. Сіренко К.А., Мазур В.Л. Аналіз показників якості гальмівних колодок з чавуну і багатокомпонентних композиційних матеріалів. *Метал та лиття України*. 2024. Т. 32. № 1 (336). С. 40—49. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.01.005>
13. Мазур В.Л., Сіренко К.А. Техніко-економічна оцінка ефективності ливарної продукції з чавуну. *Процеси лиття*. 2024. № 1 (155). С. 72—80. <https://doi.org/10.15407/plit2024.01.072>

14. Ямшинський М.М., Назаренко В.С., Кравченко К.О. Аналіз гальмівних колодок та шляхи оцінки їх перспективних конструкцій. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2015. № 1 (218). С. 204—209.
15. Мурадян Л.А., Шапошник В.Ю., Шикунів О.А. Несправності гальмівного обладнання та дефекти колісних пар вантажних вагонів. *Вісник сертифікації залізничного транспорту*. 2021. № 3(67). С. 5—15. URL: <https://crust.ust.edu.ua/handle/123456789/14115> (дата звернення: 28.02.2026).
16. Равлюк В.Г. Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. Харків: НТУ «ХПІ». 2016. № 49 (1221). С. 119—123. URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/15036/1/Ravluyk.pdf> (дата звернення: 28.02.2026).
17. Ловська А., Равлюк В. Виявлення причин утворення поверхневих дефектів коліс вагонів, обладнаних композиційними колодками. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. Серія: «Транспортні системи і технології»*. 2022. Вип. 40. С. 102—120. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-9>
18. Узлов І.Г., Узлов К.І., Книш А.В., Хулін А.М., Демет'єва Ж.А., Мямлін С.В., Бруякін В.К., Мурадян Л.А. Порівняльний аналіз причин утворення дефектів на поверхні кочення вуглецевих та підвищеної твердості мікролегованих суцільнокатаних коліс. *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научн. тр. Днепропетровск: ИЧМ НАН Украины*. 2011. Вип. 24. С. 190—198. URL: <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/handle/123456789/62600> (дата звернення: 28.02.2026).
19. Бабаченко О.І., Кононенко Г.А., Подольський Р.В., Сафронова О.А., Шпак О.А. Дослідження зв'язку мікроструктури та експлуатаційних дефектів колеса і рейки. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2024. Вип. 38. С. 517—541. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-517-541>
20. Солод Є.В., Мурадян Л.А. Аналіз пошкоджень вантажних вагонів власності ДП «Ферротранс». *Матеріали 82 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*. Дніпро. 2023. С. 325—326.
21. Ловська А., Равлюк В., Рибін А. Аналіз причин виникнення пошкоджень коліс вантажних візків, обладнаних композиційними гальмовими колодками. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції. (Рівне, 19—20 жовтня 2022 р.)*. Рівне: НУВГП, 2022. С. 208—209.
22. Бабаченко А.И., Кононенко А.А., Демет'єва Ж.А. и др. Исследование причин образования дефектов на поверхности катания высокопрочных колес в процессе эксплуатации. *Залізничний транспорт України*. 2010. № 5. С. 35—38.
23. Водяніков Ю.Я., Яланський М.І., Сафронов О.М., Шведов А.І. Дослідження причин появи повзунів на поверхні кочення коліс пасажирського вагона. *Збірник наукових праць ДП «УкрНДІВ». Рейковий рухомий склад*. Кременчук. 2009. Вип. 1. С. 49—54.
24. Бабаев А.М. Ползун на колесі вагона. *Вагонний парк*. 2016. № 11—12 (116—117). С. 26—28. URL: <https://crust.ust.edu.ua/handle/123456789/9414> (дата звернення: 28.02.2026).
25. Вакуленко І.О., Перков О.М., Анофрієв В.Г., Крот В.С. Аналіз причин виникнення дефектів на поверхні кочення залізничних коліс. *Наука та прогрес транспорту*. 2008. Вип. 21. С. 269—271. <https://doi.org/10.15802/stp2008/15832>
26. Грищенко М.А. Дослідження причин виникнення вищербин металу на поверхні кочення залізничних коліс. *Наука та прогрес транспорту*. 2008. Вип. 23. С. 178—182. <https://doi.org/10.15802/stp2008/15008>
27. Грищенко М.А. Причини виникнення дефектів на поверхні кочення залізничних коліс. *Наука та прогрес транспорту*. 2009. Вип. 27. С. 223—225. <https://doi.org/10.15802/stp2009/14305>
28. Грищенко М.А. Систематизація дефектів залізничних коліс. *Наука та прогрес транспорту*. 2008. Вип. 24. С. 199—200. <https://doi.org/10.15802/stp2008/14754>
29. Сіренко К.А., Мазур В.Л. Оцінка теплопровідності виливків із сірого чавуну з пластинчастим графітом. *Процеси лиття*. 2024. № 2 (156). С. 56—64. <https://doi.org/10.15407/plit2024.02.056>
30. Сіренко К.А., Мазур В.Л., Дереча Д.О. Залежність твердості та інших властивостей сірого чавуну від його вуглецевого еквівалента та ступеня евтектичності. *Метал та лиття України*. 2023. Том 31. № 2 (333). С. 42—50. <https://doi.org/10.15407/steeltcast2023.02.042>
31. Вакуленко І.О., Перков О.М., Плітченко С.О. Визначення впливу дисперсності перліту на витривалість за циклічного навантаження вуглецевої сталі. *Збірник тез Всеукраїнської науково-технічної конференції «Наука і металургія», 14—16 листопада. Дніпро*. 2023. С. 52. URL: https://isi.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_%D0%9D%D1%96%D0%9C_2023_%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf (дата звернення: 28.02.2026).
32. Вакуленко І.О. Залежність структурних перетворень по поверхні кочення залізничних коліс від типу гальмівної системи. *Наука та прогрес транспорту*. 2008. Вип. 24. С. 192—194. <https://doi.org/10.15802/stp2008/14755>
33. Вакуленко І.О., Плітченко С.О., Перков О.М. Аналіз матеріалу гальмівних колодок рухомого складу. *Збірник тез Всеукраїнської науково-технічної конференції «Наука і металургія», 14—16 листопада. Дніпро*. 2023. С. 50. URL: https://isi.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_%D0%9D%D1%96%D0%9C_2023_%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf (дата звернення: 28.02.2026).
34. Вакуленко І.О., Анофрієв В.Г., Грищенко М.А., Перков О.М. Дефекти залізничних коліс. Дніпропетровськ, 2009. 112 с.

35. Мазур В.Л., Сіренко К.А. Проблемні питання стандартизації ливарної продукції (на прикладі стандартизації гальмових колодок залізничного транспорту). *Метал та лиття України*. 2023. Т. 31. № 3 (334). С. 39—48. <https://doi.org/10.15407/steelcast2023.03.039>
36. Шафран Л.М., Мазур В.Л., Большой Д.В., Пихтєєва О.Г., Третьякова О.В., Потапов Є.А., Третьяков О.М., Міхалькова С.Г. Токсиколого-гігієнічні та екологічні аспекти безпеки гальмівних систем рухомого складу залізничного транспорту. Частина 1. Міграція шкідливих речовин у довкілля. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2022. № 1 (67). С. 7—18.
37. Шафран Л.М., Мазур В.Л., Большой Д.В., Пихтєєва О.Г., Третьякова О.В., Потапов Є.А., Третьяков О.М., Пихтєєв Д.М. Токсиколого-гігієнічні та екологічні аспекти безпеки гальмівних систем рухомого складу залізничного транспорту. Частина 2. Забруднення довкілля важкими металами та азбестом. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2022. № 2 (68). С. 15—26.
38. Равлюк В.Г., Равлюк М.Г. Екологічні збитки довкіллю від застосування композиційних гальмівних колодок у вагонах. Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. *Наука і практика: тези доповідей IV Всеукраїнської науково-практичної конференції. (Маріуполь, 15—17 травня, 2018 р.)*. Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2018. С. 112—113.
39. Мартинов І.Е., Нечволода К.С. Аналіз чинників, що впливають на ефективність використання автоматичних гальм вантажних вагонів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2013. Вип. 139. С. 230—235. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.139.2013.87184>
40. Cantone L., Ottati A. Modelling of Friction Coefficient for Shoes Type LL By Means of Polynomial Fitting. *The Open Transportation Journal*. 2018. Vol. 12. P. 114—127. <https://doi.org/10.2174/18744478018120100114>



REFERENCES

1. Neizhko, I. G., Naidek, V. L., & Gavrilyuk, V. P. (2009). Tormoznyie kolodki zheleznodorozhnogo transporta [Railway brake pads]. NAS of Ukraine, PTIMA NAS of Ukraine [in Russian].
2. Neizhko, I. G. (1992). Termicheskaya obrabotka chuguna [Heat treatment of cast iron]. *Naukova Dumka* [in Russian].
3. Mazur, V. L., Naidek, V. L., & Popov, Ye. S. (2021). Comparison of cast-iron and composite brake pads with cast-iron inserts for rolling stock of railways. *Metal and Casting of Ukraine*, 29(2(325)), 80-89 [in Ukrainian].
4. Popov, E. S., & Shinsky, O. I. (2021). Performance quality analysis of brake iron and composite pads for railway rolling composition. *Foundry Production and Metallurgy*, (1), 27-37. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-1-27-37> [in Russian].
5. Sirenko, K. A., & Mazur, V. L. (2024). Selection of Cast Iron for Inserts in the Friction Element of Brake Pads for Rolling Stock. *Metal and Casting of Ukraine*, 32(3—4(338-339)), 49-57. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.03-04.006> [in Ukrainian].
6. Mazur, V. L., & Sirenko, K. A. (2022). Analysis of development trends in the production of synthetic cast iron castings (on the example of a comparison of brake pads for railway rolling stock made of different materials). *Theory and Practice of Metallurgy*, 3(134), 5-14. https://nmetau.edu.ua/file/zh_03_2022_site.pdf [in Ukrainian].
7. Sirenko, K. A., & Mazur, V. L. (2024). Analysis of the influence of brake pad material on the formation of defects on the rolling surface of railway wheels. *Metal and Casting of Ukraine*, 32(2(337)), 64-70. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.02.008> [in Ukrainian].
8. Sirenko, K. A., & Mazur, V. L. (2025). Prychyny, mekhanizm ta naslidky vplyvu halmivnykh kolodok zaliznychnoho transportu na utvorennia defektiv poverkhni kochennia kolis i reioik [Causes, mechanism and consequences of the influence of railway transport brake pads on the formation of defects on the rolling surface of wheels and rails]. *Materials of the X International Scientific and Technical Conference "Promising Technologies, Materials and Equipment in Foundry Production"*. Ukraine, Kramatorsk, DDMA, 21-23 October, 104-105 [in Ukrainian].
9. Mazur, V. L., & Sirenko, K. A. (2025). The influence of brake shoes on the formation of defects in the rolling surface of railway wheels and rails. *The Scientific and Technical Journal "Metal Science and Treatment of Metals"*, 31(3), 22-34. <https://doi.org/10.15407/mom2025.03.022> [in Ukrainian].
10. Mazur, V. L., & Sirenko, K. A. (2022). Economic and environmental aspects of the use of cast iron or composite brake pads for railway transport. *Casting Processes*, 3(149), 54-62. <https://doi.org/10.15407/plit2022.03.054> [in Ukrainian].
11. Sirenko, K. A., & Mazur, V. L. (2025). Nehatyvni naslidky zastosuvannia halmivnykh kompozytsiinykh kolodok na zaliznychnomu transporti Ukrainy (ekonomichni ta ekolohichni aspekty) [Negative consequences of using composite brake pads in Ukrainian rail transport (economic and environmental aspects)]. *"Advanced technologies for vehicles and transport". Abstracts of the 3rd International Scientific and Technical Conference*. Kharkiv, UkrDUTZ, 132-134 [in Ukrainian].

12. Sirenko, K. A., & Mazur, V. L. (2024). Analysis of quality indicators for brake pads made of cast iron and multicomponent composite materials. *Metal and Casting of Ukraine*, 32(1(336)), 40-49. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.01.005> [in Ukrainian].
13. Mazur, V. L., & Sirenko, K. A. (2024). Technical and economic assessment of the efficiency of cast iron products. *Casting Processes*, 1(155), 72-80. <https://doi.org/10.15407/plit2024.01.072> [in Ukrainian].
14. Yamshynskiy, M. M., Nazarenko, V. S., & Kravchenko, K. O. (2015). Analiz halmivnykh kolodok ta shliakhy otsinky yikh perspektivnykh konstrukttsii [Analysis of brake pads and ways to evaluate their promising designs]. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 1(218), 204-209 [in Ukrainian].
15. Muradian, L. A., Shaposhnyk, V. Yu., & Shykunov, O. A. (2021). Brake equipment faults and defects of wheel cars wheel pairs. *Bulletin of Railway Transport Certification*, 3(67), 5-15. <https://crust.ust.edu.ua/handle/123456789/14115> [in Ukrainian].
16. Ravlyuk, V. G. (2016). Analysis of negative consequences resulting from inappropriate interaction between brake pads and wheel pairs of freight wagons. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes*, 49(1221), 119-123. <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/15036/1/Ravlyuk.pdf> [in Ukrainian].
17. Lovska, A., & Ravlyuk, V. (2022). Identification of the causes of surface defects of wheels of cars equipped with composite pads. *Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies: Series "Transport Systems and Technologies"*, (40), 102-120. <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-9> [in Ukrainian].
18. Uzlov, I. G., Uzlov, K. I., Knysh, A. V., Khulin, A. M., Dementieva, Zh. A., Myamlin, S. V., Bruyakin, V. K., & Muradyan, L. A. (2011). Comparative analysis of the causes of defects on the rolling surface of carbon and high-hardness microalloyed solid-rolled wheels. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy. Collection of scientific works*. Dnipropetrovsk: IChM NAS of Ukraine, (24), 190-198. <https://nasplib.isofts.kiev.ua/handle/123456789/62600> [in Ukrainian].
19. Babachenko, O. I., Kononenko, G. A., Podolskyi, R. V., Safronova, O. A., & Shpak, O. A. (2024). Research of the relationship between microstructure and operational defects of wheels and rails. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, (38), 517-541. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-517-541> [in Ukrainian].
20. Solod, Ye. V., & Muradyan, L. A. (2023). Analiz poshkodzen vantazhnykh vahoniv vlasnosti DP "Ferrotrans" [Analysis of damage to freight cars owned by Ferrotrans State Enterprise]. *Materials of the 82nd International Scientific and Practical Conference "Problems and Prospects for the Development of Railway Transport"*. Dnipro, 325-326 [in Ukrainian].
21. Lovska, A., Ravlyuk, V., & Rybin, A. (2022). Analiz prychyn vynyknennia poshkodzen kolis vantazhnykh vizkiv, obladnanykh kompozytsiinymy halmovymy kolodkamy [Analysis of the causes of damage to the wheels of freight bogies equipped with composite brake blocks]. Innovative technologies for the development of mechanical engineering and the effective functioning of transport systems: *Materials of the III International Scientific and Technical Internet Conference*. Rivne, 19-20 October. NUVGP, 208-209 [in Ukrainian].
22. Babachenko, A. I., Kononenko, A. A., Dementieva, Zh. A. et al. (2010). Issledovanie prichin obrazovaniya defektov na poverhnosti kataniya vyisokoprochnykh koles v protsesse ekspluatatsii [Investigation of the causes of defects on the running surface of high-strength wheels during operation]. *Railway Transport of Ukraine*, (5), 35-38 [in Russian].
23. Vodyannikov, Yu. Ya., Yalansky, M. I., Safronov, O. M., & Shvedov, A. I. (2009). Doslidzhennia prychyn poivny povzuniv na poverkhni kochennia kolis pasazhyrskoho vagona [Investigation of the causes of creepers on the rolling surface of passenger car wheels]. *Collection of scientific works of the State Enterprise "UkrNDIV". Rail rolling stock*. Kremenchuk, (1), 49-54 [in Ukrainian].
24. Babaev, A. M. (2016). Polzun na kolese vagonov [Slider on carriage wheels]. *Carriage fleet*, 11-12(116-117), 26-28. <https://crust.ust.edu.ua/handle/123456789/9414> [in Russian].
25. Vakulenko, I. O., Perkov, O. M., Anofriev, V. H., & Krot, V. S. (2008). The analysis of the defects causes on the surface of the rolling train wheels. *Science and Transport Progress*, (21), 269-271. <https://doi.org/10.15802/stp2008/15832> [in Ukrainian].
26. Gryshchenko, M. A. (2008). The initiation causes research of metal voids on the railway wheels thread. *Science and Transport Progress*, (23), 178-182. <https://doi.org/10.15802/stp2008/15008> [in Ukrainian].
27. Grischenko, M. A. (2009). Causes of defects on the surface of the rolling train wheels. *Science and Transport Progress*, (27), 223-225. <https://doi.org/10.15802/stp2009/14305> [in Ukrainian].
28. Gryshchenko, M. A. (2008). The systematization of railway wheels defects. *Science and Transport Progress*, (24), 199-200. <https://doi.org/10.15802/stp2008/14754> [in Ukrainian].
29. Sirenko, K. A., & Mazur, V. L. (2024). Assessment of thermal conductivity of grey cast iron castings with lamellar graphite. *Casting processes*, 2(156), 56-64. <https://doi.org/10.15407/plit2024.02.056> [in Ukrainian].
30. Sirenko, K. A., Mazur, V. L., & Derecha, D. O. (2023). Dependence of hardness and other properties of gray cast iron on its carbon equivalent and degree of eutecticity. *Metal and Casting of Ukraine*, 31(2(333)), 42-50. <https://doi.org/10.15407/steelcast2023.02.042> [in Ukrainian].
31. Vakulenko, I. O., Perkov, O. M., & Plitchenko, S. O. (2023). Vyznachennia vplyvu dyspersnosti perlitu na vytryvalist za tsyklichnoho navantazhennia vuhletsevoi stali [Determination of the influence of pearlite dispersion on the endurance of carbon steel under cyclic loading]. *Collection of abstracts of the All-Ukrainian Scientific and Technical Conference "Science and Metallurgy"*, 14-16 November. Dnipro, p. 52. https://isi.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_%D0%9D%D1%96%D0%9C_2023_%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf [in Ukrainian].
32. Vakulenko, I. O. (2008). The dependence of the structural changes along the running surface of rail wheels on the type of brake system. *Science and Transport Progress*, (24), 192-194. <https://doi.org/10.15802/stp2008/14755> [in Ukrainian].

33. Vakulenko, I. O., Plitchenko, S. O., & Perkov, O. M. (2023). Analiz materialu halmivnykh kolodok rukhomoho skladu [Analysis of the material of rolling stock brake pads]. *Collection of abstracts of the All-Ukrainian Scientific and Technical Conference "Science and Metallurgy"*, 14-16 November. Dnipro, p. 50. https://isi.gov.ua/wp-content/uploads/2023/12/%D0%97%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B0_%D0%9D%D1%96%D0%9C_2023_%D1%83%D0%BA%D1%80.pdf [in Ukrainian].
34. Vakulenko, I. O., Anofriev, V. G., Gryshchenko, M. A., & Perkov, O. M. (2009). Defekty zaliznychnykh kolis [Defects in railway wheels]. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
35. Mazur, V. L., & Sirenko, K. A. (2023). Problematic issues of standardisation of foundry products (on the example of standardisation of railway brake pads). *Metal and Casting of Ukraine*, 31(3(334)), 39-48. <https://doi.org/10.15407/steelcast2023.03.039> [in Ukrainian].
36. Saffran, L. M., Mazur, V. L., Bolshoy, D. V., Pikhteeva, O. G., Tretyakova, O. V., Potapov, E. A., Tretyakov, O. M., & Mikhalkova, S. G. (2022). Toksykolo-hihiienichni ta ekolohichni aspekty bezpeky halmivnykh system rukhomoho skladu zaliznychnoho transportu. Chastyna 1. Mihnatsiia shkidlyvykh rechovyn u dovkillia [Toxicological, hygienic and environmental aspects of the safety of railway rolling stock braking systems. Part 1. Migration of harmful substances into the environment]. *Current issues in transport medicine*, 1(67), 7-18 [in Ukrainian].
37. Saffran, L. M., Mazur, V. L., Bolshoy, D. V., Pikhteeva, O. G., Tretyakova, O. V., Potapov, E. A., Tretyakov, O. M., & Pikhteev, D. M. (2022). Toksykolo-hihiienichni ta ekolohichni aspekty bezpeky halmivnykh system rukhomoho skladu zaliznychnoho transportu. Chastyna 2. Zabrudnennia dovkillia vazhkymy metalamy ta azbestom [Toxicological, hygienic and environmental aspects of the safety of railway rolling stock braking systems. Part 2. Environmental pollution with heavy metals and asbestos]. *Current problems of transport medicine*, 2(68), 15-26 [in Ukrainian].
38. Ravlyuk, V. G., & Ravlyuk, M. G. (2018). Ekolohichni zbytky dovkilliu vid zastosuvannia kompozytsiinykh halmivnykh kolodok u vahonakh. Problemy enerhoresursozberezhennia v promyslovomu rehioni [Environmental damage from the use of composite brake pads in railway carriages. Problems of energy conservation in industrial regions]. *Science and practice: abstracts of reports from the IV All-Ukrainian Scientific and Practical Conference*. 15-17 May. Mariupol: PDTU State Higher Educational Institution, 112-113 [in Ukrainian].
39. Martynov, I. E., & Nechvoloda, K. S. (2013). Analysis of factors affecting efficiency of automatic brake freight cars. *Collection of Scientific Works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport*, (139), 230-235. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.139.2013.87184> [in Ukrainian].
40. Cantone, L., & Ottati, A. (2018). Modelling of Friction Coefficient for Shoes Type LL By Means of Polynomial Fitting. *The Open Transportation Journal*, 12, 114-127. <https://doi.org/10.2174/18744478018120100114>

Надійшла/Received 27.02.2026

Прийнята/Accepted 17.03.2025

Опублікована/Published 31.03.2026

Summary

K.A. Sirenko, PhD (Engin.), Deputy Head of Department,
e-mail: thermoexp.metal@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2613-8094>
V.L. Mazur, Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Dr. Sci. (Engin.),
Professor, Chief Researcher, e-mail: prof.vlm@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0001-8970-5389>

*Physico-technological Institute of Metals and Alloys of the NAS of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

Effectiveness of the Use of Brake Pads in Railway Transport, Made of Cast Iron and Composite Rubber Mixture

This paper presents the results of studies analyzing the effectiveness of using brake pads made of cast iron and composite rubber mixture on railway rolling stock. The mechanical properties, thermal conductivity, and operational characteristics of composite brake pads with cast iron inserts were also compared. It is shown that a significant disadvantage of composite pads compared to cast iron pads is the absence in the technical specifications for composite rubber pads of requirements for the percentage content of its components and their technical composition, and even requirements for the chemical composition and properties of cast iron inserts in the friction element of composite pads. It is emphasized that equipping composite brake pads with cast iron inserts does not remedy the situation with the relatively low thermal conductivity of composite brake pads, but has significantly increased their price. The results of a study of the causes, mechanism and consequences of the formation of defects on the rolling surface of wheels during their friction against vehicle wheels are presented. Irrefutable evidence is provided that composite brake pads contribute to damage to the working surface of railway rolling stock wheels, which increases the railway's operating costs for dismantling, installation and repair of wheel sets. Defects on the rolling surface of wheels caused by interaction with composite brake pads also have a negative impact on railway rails. The constant increase in the price of composite brake pads has a negative effect on the economic performance of the railway.

Keywords

Railway brake pads, pad material, cast iron, composite rubber mixture, advantages, disadvantages, efficiency.