

<https://doi.org/10.15407/plit2022.03.054>

УДК 629.4.017:62-592-11-034.13(045)

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

e-mail: prof.vlm@ukr.net

К. А. Сіренко, мол. наук. співроб; e-mail: thermoexp.metal@gmail.com;

ORCID 0000-0003-2613-8094

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

ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК З ЧАВУНУ ЧИ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Наведено огляд публікацій, присвячених оцінці ефективності використання чавунних і композиційних гальмових колодок для рухомого складу залізниці. Проаналізовано показники якості та експлуатаційні характеристики гальмових колодок, виготовлених ливарним способом з чавуну, порівняно з колодками із так званого «композиційного» матеріалу (азбестової чи безазбестової гумосуміші), в тому числі й з чавунними вставками. Зазначено, що в технічних умовах на композиційні колодки не регламентується перелік та вміст інгредієнтів у композиційній гумосуміші, їх хімічний склад. Цим самим порушується законодавство України, оскільки хімічний склад будь-яких виробів має бути конкретно визначений в технічних умовах або в кресленнях виробів. У стандартах, іншій нормативній документації на гальмові колодки з чавуну детально відображено не тільки його хімічний склад, а також мікроструктура, механічні властивості тощо. Композиційний матеріал (гумосуміш) суттєво змінює свої властивості, зокрема коефіцієнт тертя, під впливом дощу, снігу, низької температури в осінньо-зимовий період. Це потребує заміни композиційних колодок на чавунні восени і взимку, що обумовлює додаткові витрати на виконання зазначеної операції. Суттєвим недоліком гальмових колодок з композиційного матеріалу є їх низька теплопровідність порівняно з чавунними колодками. Оснащення композиційних колодок вставками з чавуну не рятує ситуацію. Композиційні гальмові колодки більшою мірою пошкоджують робочу поверхню катання коліс транспортних засобів і це збільшує експлуатаційні витрати залізничників на демонтаж-монтаж та ремонт колісних пар разом з гальмовими колодками. Композиційні колодки при зношуванні в процесі експлуатації забруднюють довкілля шкідливими для здоров'я людей речовинами. Запропоновані рекомендації для зниження собівартості чавунних колодок за рахунок удосконалення технології виплавлення чавуну.

Ключові слова: ливарне виробництво, економіка, екологія, гальмові колодки, чавун, композиційний матеріал, стандартизація, удосконалення.

Обсяги виробництва і споживання гальмових колодок для рухомого складу залізниці складають сотні тисяч штук на рік. Зазначені обсяги стосуються класичних чавунних колодок і гальмових колодок з так званого «композиційного»

матеріалу. В процесі зношення колодок в пил стираються величезні обсяги металу та шкідливих речовин, що входять до складу композиційного матеріалу. Мова йде про сотні тисяч тон відходів, які негативно впливають на здоров'я людей і навколишнє середовище. Очевидно, що задача мінімізації витрат на виробництво і споживання залізницею гальмових колодок різного типу, оцінка впливу продуктів зносу колодок на довкілля є завжди актуальними і носять стратегічний характер. В публікаціях [1–7], підготовлених за результатами досліджень, виконаних науковцями Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України, інших установ, працівниками промислових підприємств залізниці, показано, що проблема виготовлення і споживання гальмових колодок залізничного транспорту з різних матеріалів потребує прискіпливого аналізу. Мова йде про мільйонні витрати і пошук шляхів їх скорочення.

Чавунні колодки виготовляють зазвичай литвом з сірого чавуну. Матеріал композиційних колодок складається з каучуку, приблизно на 20 %, бариту, шліфпили, вуглецю, сірки, інших інгредієнтів [2]. Суміш цих речовин подрібнюють і запарюють у прес-формах за температури $\sim 175...180\text{ }^{\circ}\text{C}$ під тиском $200...300\text{ кгс/см}^2$. Використовувати азбест при виготовленні композиційних колодок, який раніше був основною складовою композиційного матеріалу, вже заборонено.

В багатьох [1–7 та ін.] статтях і монографіях акцентується увага на необхідності виправлення системних порушень в нормативних документах (технічних умовах та інших), що визначають конкретні вимоги до хімічного складу композиційного матеріалу (гумосуміші), з якого масово виготовляють гальмові колодки рухомого складу залізниці. Зразу зазначимо, що відповідно до п. 4.1 ГОСТ 2.114-95 «Єдина система конструкторської документації. Технічні умови» склад розділів та зміст технічних умов визначає розробник у відповідності з особливостями продукції. В разі, якщо розробник не визначив в технічних умовах хімічний склад матеріалу виробу, зокрема композиційних гальмових колодок, то хімічний склад обов'язково має бути визначений у кресленнях виробів. Тобто в кресленнях гальмових колодок з композиційного матеріалу. Це обов'язкова вимога стандарту.

З порушенням законодавства України інгредієнти і хімічний склад композиційного матеріалу гальмових колодок не вказано ні в технічних умовах, ні в кресленнях колодок. Укрзалізниці це добре відомо. Нині у будь-якому виробі, який застосовується на залізниці, – рейках, локомотивах, вагонах, колесах транспортних засобів тощо обов'язково зазначається хімічний склад металу, різних матеріалів, фарби, усього іншого. Окрім тільки хімічного складу найвідповідальнішого виробу – гальмових композиційних колодок, які забезпечують безпеку транспорту.

В технічних умовах на композиційні гальмові колодки з чавунними вставками або без них не регламентовано ні сам матеріал, ні пропорції компонентів гумової суміші, ні хімічний склад і навіть назви інгредієнтів. Порушуються законодавчо-нормативні акти щодо дотримання санітарних норм, оскільки компоненти гумосуміші є канцерогенними речовинами і шкідливі для людей та навколишнього середовища [5, 8–10]. Виробники гальмових композиційних колодок із гумосуміші під різними приводами ухиляються від регламенту в технічній документації (технічних умовах, кресленнях та ін.) вимог до переліку компонентів та хімічного складу композиційного (гумосуміші) матеріалу колодок. В результаті споживачі композиційних колодок позбавлені можливості контролювати склад їх матеріалу. Наповнювачами композиційного матеріалу (гумосуміші) колодок може бути навіть сміття, отрутохімікати, вибуховонебезпечні речовини тощо, бо склад гумосуміші ніде і ніяк не регламентується. В цьому полягає головна відмінність технічних вимог до якості гальмових колодок з чавуну і з композиційного матеріалу.

Стосовно шкідливості для здоров'я людей і навколишнього середовища композиційних гальмових колодок, виготовлених із гумосуміші неконтрольованого складу, то загострюємо увагу, що канцерогенними речовинами в складі гумосуміші є не тільки рівноцінні за шкідливістю замітники азбесту, а й безпосередньо гума,

барит, технічний вуглець, сажа, сірка та інші інгредієнти. Внаслідок підвищення температури до декількох сотень градусів при гальмуванні потягів композиційна гумосуміш колодок починає розкладатися, горіти і виділяти отруйні продукти розпаду. Зазначений висновок надано в опублікованих дослідженнях токсиколого-гігієнічних та екологічних аспектів безпеки гальмових систем рухомого складу залізничного транспорту, міграції шкідливих речовин та забруднення довкілля важкими металами тощо [8–9]. В деяких технічних умовах стосовно гальмових колодок зазначено, що композиційний матеріал не повинен містити азбест, важкі метали, свинець, цинк та їхні сполуки. Але цього зауваження недостатньо, оскільки в подібних технічних умовах не зазначено що саме має містити композиційна гумосуміш, не регламентовано з яких інгредієнтів має складатися композиційний матеріал, їх кількість та хімічний склад. Питання: чому хімічний склад композиційного матеріалу не регламентовано в технічних умовах та кресленнях гальмових колодок відповідно до законодавства України? – залишається відкритим.

Підсумовуючи висновки щодо негативного екологічного діяння композиційних колодок на довкілля, доцільно процитувати висновок, наданий у статті [10]: «Шкідливий молекулярно-механічний процес зношування у високотемпературному 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». Аналогічної позиції з цього питання дотримуються і автори статті [5].

Композиційні колодки набули широкого застосування на залізницях деяких країн через нібито низьку собівартість виготовлення [10]. Але відносно низька вартість колодок з композиційного матеріалу спостерігалася лише в минулі роки. Зараз на ринку України ціна композиційних колодок майже зрівнялася з ціною колодок з чавуну, а ціна деяких типів композиційних колодок з чавунними вставками навіть суттєво перевищує вартість чавунних колодок.

Підкреслимо, що офіційних висновків всебічної санітарно-екологічної експертизи на державному рівні щодо впливу композиційних гальмових колодок на здоров'я людей і навколишнє середовище та дотримання санітарних норм при використанні на залізниці таких колодок не оприлюднено. Експертизу на державному рівні, як того потребує проблема, не проведено. Відповідні дослідження під час такої експертизи треба виконувати при температурах експлуатації колодок (до ~ 800 °C), які виникають у процесі екстреного гальмування залізничних потягів. Саме за високих температур внаслідок підвищеного зносу матеріалу гальмових колодок створюються і викидаються у довкілля шкідливі речовини [1, 5, 8–10]. Твердження виробників композиційних колодок, що продукти зносу композиційних матеріалів є безпечними для здоров'я людей та довкілля, безпідставні й, як свідчать результати дослідів [5, 8–10], не відповідають дійсності.

Підкреслимо, що вимоги до хімічного складу чавуну, з якого виготовляють гальмові колодки, жорстко регламентовано в усіх стандартах на ці вироби. При цьому регламентовано також макро- і мікроструктуру чавуну, які визначають міцність, коефіцієнт тертя і зносостійкість колодок у процесі експлуатації [1, 3, 6–7, 11]. Посилені вимоги до якості чавунних колодок гарантують безпеку їх використання на залізниці й мінімальне забруднення прилеглих територій.

Загально відомо – гальмові колодки з композиційного матеріалу мають низьку теплопровідність, що суттєво погіршує їхні експлуатаційні характеристики [2]. В статтях [12–13] показано, що при експлуатації гальмових колодок з композиційного матеріалу (у складі бариту, каучуку, сажі, сірки, інших речовин) внаслідок його низької теплопровідності виникають значні термічні напруження в зоні контакту колодки з поверхнею коліс транспортного засобу. Водночас в результаті структурних і фазових

змін в поверхневому шарі коліс, товща яких складає приблизно 5 мм, виникають термоушкодження поверхні катання коліс, з'являються поверхневі дефекти у вигляді вищербин, мікро- і макротріщин, наварів, повзунів, задирав тощо. Усунення дефектів потребує значних витрат на монтаж-демонтаж і ремонт коліс шляхом обточування їх робочої поверхні [10]. Обточування коліс скорочує строк їх експлуатації, погіршує економічні показники діяльності залізниці.

В монографії [2, с. 66–70] на підставі ґрунтовних досліджень причин виникнення дефектів на поверхні коліс транспортних засобів за час їх експлуатації в промислових масштабах зроблено однозначний висновок, що суттєвою перевагою чавунних гальмових колодок порівняно з композиційними, є мінімальна схильність до утворення дефектів на поверхні катання коліс. Автори монографії стверджують, що більш ніж сторічний досвід використання чавунних колодок на залізничному транспорті свідчить про їх значно менший негативний вплив на колеса, ніж композиційних гальмових колодок. Такий висновок слід обов'язково враховувати при оцінці економічної ефективності застосування гальмових колодок з чавуну і композиційної гумосуміші. В якості підтвердження зазначеного на с. 95 монографії [2] наведено посилання на дані Придніпровської залізниці, згідно з якими «при експлуатації в період з 01.11.2002 по 31.01.2003 композиційних колодок на пасажирських вагонах замість чавунних було виявлено дефекти на 253 колісних парах, які були направлені на обточування їх робочої поверхні. Експлуатація композиційних гальмових колодок замість чавунних спричинила Дніпропетровському пасажирському депо суттєві збитки».

Для покращення відводу тепла із зони тертя гальмової колодки з колесом транспортного заходу композиційні колодки оснащують чавунними вставками [1, 3]. Не вдаючись у деталі питання щодо ефективності такого рішення, зазначимо лише, що чавунні вставки призводять до удорожчання колодок, а ситуацію з недостатнім тепловідводом вони кардинально не виправляють.

Підкреслимо також, що композиційні колодки з чавунними вставками априорі не можуть бути більш зносостійкими порівняно з повністю чавунними колодками, оскільки чавунні вставки, що в композиційному матеріалі, виготовляють з менш якісного рядового чавуну, ніж високоякісний чавун гальмових колодок. Таким чином, будь-які рекламні твердження, відносно того, що композиційні колодки з чавунними вставками нібито суттєво, в рази підвищують зносостійкість колодок не є достовірними, не мають наукового обґрунтування і тому є помилковими або, можливо, дезінформацією. Строк експлуатації таких композиційних колодок буде визначатися зносом чавунних вставок в них. А знос чавунних вставок буде таким же, або швидшим, як і знос стовідсотково чавунних колодок. Згідно стандартів чавун, з якого виготовляють чавунні колодки, є більш якісним і зносостійким, ніж рядовий чавун, що застосовується для виготовлення чавунних вставок у композиційних колодках. В той же час композиційний матеріал, незважаючи на наявність чавунних вставок, буде як і раніше травмувати поверхню кочення коліс рухомого складу. Тобто немає об'єктивних підстав вважати, що чавунні вставки в композиційному матеріалі усунуть усі недоліки таких гальмових колодок.

Порівнюючи економічну ефективність використання чавунних та композиційних гальмових колодок на залізничному транспорті слід керуватися сумарними витратами на закупівлю колодок і коліс, а також враховувати експлуатаційні витрати на обслуговування колісних пар потягів при застосуванні колодок з різних матеріалів. Важливо враховувати і гальмівні можливості колодок, а саме коефіцієнти тертя і відстані, протяжності гальмування, які забезпечують різні колодки. Зрозуміло, що ціни на колодки і на колеса постійно змінюються, тому слід орієнтуватися на співвідношення цін чавунних і композиційних гальмових колодок. В економічному аналізі допустимо використовувати інформацію відносно цін виробів, які були у різні періоди. Згідно з тендерною документацією в системі «Prozorro» в квітні–травні 2021 року в Україні діяли в середньому такі ціни на гальмові колодки різних типів за одну штуку без ПДВ: колодка чавунна типу «М» – 400 грн; типу «С» – 363 грн; композиційна

типу «С» без чавунних вставок – 223 грн; композиційна типу «С» з чавунними вставками – 670 грн; композиційна типу «М» з чавунним каркасом – 711 грн.

Таким чином, в Україні гальмові колодки типів «М» і «С» з композиційного матеріалу і чавунними вставками були орієнтовно в 1,78–1,85 рази дорожчі, ніж однотипні чавунні колодки. Внесення чавунних вставок чи чавунного каркасу в конструкцію гальмових колодок з композиційного матеріалу, що реально не змінило їх функціональні характеристики і не усунуло їх недоліки, надало виробникам композиційних колодок підставу для підвищення ціни з 223 грн до 670 і 711 грн за штуку. Тобто в ~ 3 рази.

Вартість гальмових колодок як з чавуну, так і з композиційного матеріалу орієнтовно у сотню разів менша за ціну одного колеса для вантажних вагонів і суттєво не відрізняється у сумарній ціні колісної пари разом з гальмовими колодками. Саме тому інформація, що використовувати на залізничному рухомому транспорті гальмових колодок з композиційного матеріалу, які пошкоджують колеса, більш вигідно, ніж колодок з чавуну, які колеса не пошкоджують, сумнівна і потребує перевірки в кожному конкретному випадку. Через збільшення витрат на обслуговування колісних пар рухомого складу при використанні колодок з композиційного матеріалу та з інших, пов'язаних з цим негативних чинників, витрати транспортників при застосуванні композиційних колодок нерідко виявляються вищими, ніж при застосуванні чавунних колодок [2].

Ще у 2016 році підприємства Укрзалізниці почали закуповувати композиційні гальмові колодки з чавунними вставками за ціною орієнтовано 735 грн. Ціна аналогічних композиційних гальмових колодок із гумосуміші без чавунних вставок ~ 244 грн. Тобто за рахунок оснащення гальмових колодок з композиційного матеріалу чавунними вставками ціна цих виробів зросла майже у 3 рази. Ціна чавунних гальмових колодок в той час була значно нижчою. Так, ціна колодок чавунних гальмових вагонних типу «С» становила приблизно 455 грн. Колодок чавунних гальмових типу «Ф» для моторвагонного рухомого складу ~ 487 грн. Пізніше Укрзалізниця закупила колодки із композиційної гумосуміші з чавунними вставками за ціною 859 грн за штуку. При тому, що ціна чавунної гальмової колодки аналогічного призначення в той час була ~480...538 грн. Наприкінці 2022 року ціна композиційних колодок з чавунними вставками типу 2TP-156 дорівнювала ~ 790 грн без НДС. Наведені дані є орієнтовними. Але вони свідчать, що ціна композиційних колодок не є привабливою, враховуючи, що композиційні колодки при експлуатації пошкоджують колеса транспортних засобів, які коштують у десятки разів дорожче гальмових колодок. Все це ставить під сумнів правомірність тверджень, що нібито експлуатація гальмових колодок з композиційної гумосуміші економічно є більше вигідна, ніж використання на залізниці колодок з чавуну. Це суб'єктивні судження. Для неспростовних висновків і остаточної відповіді на поставлене питання необхідні додаткові скрупульозні дослідження.

На завершення викладеного аналізу зазначимо, що діюче виробництво чавунних колодок має реальні можливості для зниження їх собівартості. Конкретні заходи в цьому напрямі полягають у удосконаленні контролю і коригуванні хімічного складу чавуну в процесі плавки та у впровадженні на виробництві технології термічного деривативного аналізу (ТДА) [14, 15]. Удосконалення системи коригування хімічного складу рідкого чавуну з використанням методу Монте-Карло для врахування нестабільності якості феросплавів та інших модифікаторів дозволить отримати вигідний економічний ефект завдяки скороченню процесу плавлення чавуну і виключення випадків виходу вмісту окремих елементів у складі чавуну за межі вимог стандарту. А також за рахунок підвищення точності контролю і надійності регулювання хімічного складу чавуну. Впровадження термічного деривативного аналізу у виробничу практику надасть можливість прогнозувати з високою точністю механічні властивості ливарних виробів і тим самим зменшити обсяг виконуваних вартісних іспитів механічних властивостей готової ливарної продукції. Напрями удосконалення стандартів на гальмові колодки з чавуну запропоновано в нашій статті [16]. Першочерговими заходами слід вважати обмеження вмісту сірки у чавуні величиною 0,05 %

і запровадження обов'язкової дробоструменевої обробки поверхні гальмових колодок для виявлення поверхневих дефектів замість їх галтування. Реалізація цих заходів сприятиме покращенню якості чавунних колодок і підвищенню ефективності їх використання у споживачів.

Наприкінці викладеного матеріалу підкреслимо, що наведені вище дані, критика, а також висловлювання є по суті оцінюючими судженнями. Критична оцінка певних фактів, показників, недоліків і поглядів є вираженням суб'єктивної думки авторів статті щодо науково-технічних питань у темі, яка розглядається. Аргументи і висновки авторів статті стосовно надання переваги з ряду позицій чавунним колодкам перед колодками, виготовленими із композиційного матеріалу (гумосуміші), жодним чином не стосуються продукції конкретного виробника, окрім випадків, коли надаються посилання на інформацію із вказаних літературних джерел. Наприклад, у статті [17] надана інформація, що в одному названому депо залізниці кількість колісних пар, виведених з експлуатації внаслідок виникнення дефектів на поверхні коліс з причини застосування композиційних колодок, збільшилася майже у 7 разів. У висновках даної статті представлено загальну характеристику як чавунних, так й композиційних колодок без посилань на те, що вказані якості мають саме колодки, виготовлені конкретним виробником.

Висновки

- Економічна ефективність використання гальмових колодок, виготовлених з чавуну або композиційного матеріалу, визначається, насамперед, витратами на експлуатацію колісних пар при їх використанні. Композиційні гальмові колодки порівняно з чавунними негативно впливають на стійкість і працездатність колісних пар рухомого складу внаслідок схильності композиційного матеріалу (гумосуміші) до пошкодження поверхні катання коліс. Дефекти на поверхні коліс потребують демонтажу колісних пар, переточки коліс, повторного їх монтажу, знижують строк експлуатації коліс.

- Стандарти на чавунні гальмові колодки повною мірою регламентують вимоги до якості цих виробів, їх безпечності, відповідності екологічним нормам. В стандартах детально регламентовано вміст кожного хімічного елемента у складі чавуну, його механічні властивості, мікроструктура тощо. В технічних умовах на композиційні колодки ніяк не регламентовано інгредієнти, з яких складається композиційний матеріал, ні кількість в ньому різних речовин, ні їхній хімічний склад, міцність на злам тощо. Цим самим порушується законодавство України у сфері стандартизації вимог до якості будь-яких виробів.

- Невизначеність інгредієнтів і хімічного складу матеріалу композиційних гальмових колодок є фактором, найбільш дестабілізуючим властивості і експлуатаційні характеристики цих виробів, а також негативний вплив продуктів їх зносу на здоров'я людей і довкілля.

- Зношування композиційного матеріалу гальмових колодок супроводжується викидами отруйних речовин у навколишнє середовище. Токсиколого-гігієнічні та екологічні дослідження засвідчили, що у зв'язку з низькими порогоми термодеструкції та займистості гумосуміші композиційних колодок, особливо небезпечними є хімічні складові, які мігрують безпосередньо з композиційних колодок у довкілля за температури вище 100 °С. Необхідні глибокі дослідження щодо визначення і деталізації показників шкідливості і небезпечності композиційних колодок.

- Внаслідок низької теплопровідності композиційних колодок їх використання призводить до перегріву поверхні катання коліс транспортних засобів і появи тріщин та інших поверхневих дефектів. Оснащення композиційного матеріалу колодок чавунними вставками практично майже не посилює термостійкість колодок, але суттєво підвищує вартість їх виготовлення.

- Чавун, порівняно з композиційним матеріалом (гумосумішшю в складі каучуку, бариту, доломіту, сажі, сірки, інших шкідливих інгредієнтів), є відносно безпечною речовиною з точки зору впливу на здоров'я людей і довкілля.

- Шляхи зменшення витрат на виробництво чавунних гальмових колодок

полягають в повному переході на виплавлення чавуну в індукційних печах замість вагранок, подальшому удосконаленні технології корекції хімічного складу рідкого чавуну в процесі плавки та контролю його властивостей через впровадження термічного деривативного аналізу в промисловій практиці ливарних заводів.

Список літератури

- 1 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. DOI: <https://doi.org/10.15407/steelcast2021.02.080>.
- 2 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.
- 3 Попов Е. С., Шинский О. И. Анализ показателей качества колодок тормозных и композиционных для железнодорожного подвижного состава. *Литье и металлургия*. 2021. № 1. С. 27–37.
- 4 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.
- 5 Мартинов І. Е., Негволода К. С. Аналіз чинників, що впливають на ефективність використання автоматичних гальм вантажних вагонів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2013. Вип. 139. С. 230–235.
- 6 Сіренко К. А. Коефіцієнти тертя між колесами залізничного транспорту і гальмовими колодками з чавуну та композиційного матеріалу: порівняльний аналіз. *Метал та лиття України*. 2022. № 1 (30). С. 91–101. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.01.091>.
- 7 Мазур В. Л., Найдек В. Л., Попов Е. С. Характеристика чавунних і композиційних гальмових колодок для рухомого складу залізниці в Україні. Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції (18–20 травня 2021 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя. АА ТанDEM. С. 118–122.
- 8 Шафран Л. М. Токсиколого-гігієнічні та екологічні аспекти безпеки гальмівних систем рухомого складу залізничного транспорту. Частина 1. Міграція шкідливих речовин у довкілля / Л.М. Шафран, В.Л. Мазур, Д.В. Большой, О.Г. Пихтеева, О.В. Третьякова, Є.А. Потапов, О.М. Третьяков, С.Г. Міхалькова. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2022. № 1 (67). С. 7–18.
- 9 Шафран Л. 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.
- 10 Равлюк В. Г. Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Харків. 2016. № 49 (1221). С. 119–123.
- 11 Сіренко К. А., Мазур В. Л. Оцінка стабільності хімічного складу і механічних властивостей промислових партій синтетичного чавуну. *Процеси лиття*. 2021. № 4 (146). С. 66–75.
- 12 Бондарик В. Б., Мельниченко О. В. Сравнительный анализ тормозных колодок и их влияние на износ колесных пар тягового подвижного состава. <https://ojs.irgups.ru/index.php/mns/article/view/213>.
- 13 Дульський Е. Ю., Иванов П. Ю., Тюкавкин Е. А. Анализ контактного взаимодействия железнодорожного колеса и рельса подвижного состава. <https://ojs.irgups.ru/index.php/mns/article/view/493/361>.
- 14 Сіренко К. А. Удосконалення технології коригування хімічного складу чавуну під час плавки в індукційних тигельних печах. *Процеси лиття*, 2022. № 1 (147). С. 3–10.
- 15 Zakharchenko, E., Sirenko, E., Goncharov, A., Bogdan A. New Computer Method of Derivative Thermal Express Analysis of Cast Iron for Operational Prediction of Quality of Melts and Castings. *Journal of Casting and Materials Engineering*, 2019. Vol. 3. No. 2, pp. 31–42. <http://dx.doi.org/10.7494/jcme.2019.3.2.31>

- 16 Сіренко К. А. Удосконалення нормативно-технічної документації на ливарні вироби з чавуну. *Процеси лиття*. 2021. № 3 (145). С. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.15407/plit2021.03.069>.
- 17 Галай Э. И., Рудов П. К., Галай И. Э., Сидорович О. А. Тормозные колодки для электропоездов: чугунные или композиционные. <http://scbist.com/xx2/43779-06-2005/tormoznye-kolodki-dlya-elektropoezdov-chugunnye-ili-kompozicionnye.html>.
Надійшла 19.09.2022

References

- 1 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*, vol. 29, no. 2 (325), pp. 80–89, doi: <https://doi.org/10.15407/steelcast2021.02.080> [in Ukrainian].
- 2 Neizhko, I. G., Naydek, V. L., Gavrilyuk, V. P. (2009). Railway brake pads. Kyiv: NAS of Ukraine, PTIMA NAS of Ukraine, 121 p. [in Russian].
- 3 Popov, E. S., Shinsky, O. I. (2021). Analysis of quality indicators of brake and composite pads for railway rolling stock. *Casting and metallurgy*, no. 1, pp. 27–37 [in Russian].
- 4 Yamshynskyi, M. M., Nazarenko, V. S., Kravchenko, K. O. (2015). Analysis of brake pads and ways to evaluate their promising designs. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, no. 1 (218), pp. 204–209 [in Ukrainian].
- 5 Martynov, I. E., Nehvoloda, K. S. (2013). Analysis of the factors influencing efficiency of use of automatic brakes of freight cars. Collection of scientific works of UkrDAZT, issue. 139, pp. 230–235 [in Ukrainian].
- 6 Sirenko K. A. Coefficients of friction between railway wheels and brake pads made of cast iron and composite material: a comparative analysis. *Met. lit'e Ukr.*, 2022. Vol. 30. № 1 (328), pp. 91–101 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.01.091>.
- 7 Mazur V. L., Naidek V. L., Popov E. S. Characteristics of chavunny and composite galm blocks for a dry warehouse in Ukraine / Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference (May 18–20, 2021, Zaporizhzhya). Zaporozhye. AA Tandem, pp. 118–122 [in Russian].
- 8 Shafran, L. M. Toxicological-hygienic and Ecological Aspects of Safety of Rolling Stock Braking Systems of Railway Transport. Part 1. Migration of Toxicants into the Environment / L.M. Shafran, V.L. Mazur, D.V. Bolshoy, E.G. Pykhtieva, E.V. Tretyakova, E.A. Potapov, A.M. Tretyakov, S.G. Mikhalkova // *Actual Problems of Transport Medicine*. 2022. № 1 (67), pp. 7–18 [in Ukrainian].
- 9 Shafran, L. M. Toxicological-hygienic and Ecological Aspects of Safety of Rolling Stock Braking Systems of Railway Transport. Part 2. Pollution by Heavy Metals and Asbestos / L. M. Shafran, V. L. Mazur, D. V. Bolshoy, E. G. Pykhtieva, E. V. Tretyakova, E. A. Potapov, O. M. Tretyakov, D. M. Pykhtiev // *Actual Problems of Transport Medicine*. 2022. № 2 (68), pp. 15–26 [in Ukrainian].
- 10 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»*. Kharkiv. № 49 (1221), pp. 119–123 [in Ukrainian].
- 11 Sirenko K. A. (2021). Assessment of stability of chemical composition and mechanical properties of industrial lots of synthetic iron. *Casting processes*. № 4 (146), pp. 66–75 [in Ukrainian].
- 12 Bondarik V. B., Melnichenko O. V. Comparative analysis of brake pads and their influence on the wear of rolling stock wheel sets. <https://ojs.ircups.ru/index.php/mns/article/view/213>. [in Russian].
- 13 Dulskey E. Yu., Ivanov P. Yu., Tyukavkin E. A. Analysis of the contact interaction of a railway wheel and a rolling stock rail. <https://ojs.ircups.ru/index.php/mns/article/view/493/361>. [in Russian].
- 14 Sirenko K. A. (2022). Improvement of technology of adjustment of chemical composition of iron during melting in crucible induction furnaces. *Casting Processes*. No. 1 (147), pp. 3–10 [in Ukrainian].

- 15 Zakharchenko, E., Sirenko, E., Goncharov, A., Bogdan A. (2019). New Computer Method of Derivative Thermal Express Analysis of Cast Iron for Operational Prediction of Quality of Melts and Castings. Journal of Casting and Materials Engineering. Vol. 3. No. 2, pp. 31–42. <http://dx.doi.org/10.7494/jcme.2019.3.2.31>.
- 16 Sirenko, K. A. (2021). Improving of regulatory and technical documentation for foundry fabrics. *Casting processes*, No. 3 (145), pp. 69–76. <https://doi.org/10.15407/plit2021.03.069> [in Ukrainian].
- 17 Galay E. I., Rudov P. K., Galay I. E., Sidorovich O. A. (2005). Brake pads for electric trains: cast iron or composite. SCBIST, April. http://scbist.com/xx2/43779-06-2005_tormoznye_kolodki-dlya-elektropoezdov-chugunnye-ili-kompozicionnye.html [in Russian].

Received 19.09.2022

V. L. Mazur, Corresponding Member, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Chief Researcher; e-mail: prof.vlm@ukr.net

K. A. Sirenko, Junior Researcher; e-mail: thermoexp.metal@gmail.com;

ORCID: 0000-0003-2613-8094

Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE USE OF CAST IRON OR COMPOSITE BRAKE PADS FOR RAILWAY TRANSPORT

An overview of publications devoted to the evaluation of the effectiveness of using cast iron and composite brake pads for railway rolling stock is given. The quality indicators and operational characteristics of brake pads made by cast iron were analysed, compared to pads made of the so-called «composite» material (asbestos or asbestos-free rubber mixture), including those with cast iron inserts. It is noted that the technical conditions for composite blocks do not regulate the list and content of ingredients in the composite rubber mixture, their chemical composition. This violates the legislation of Ukraine, since the chemical composition of any products must be specifically defined in the technical conditions or in the drawings of the products. Not only its chemical composition, but also its microstructure, mechanical properties, etc., are detailed in the standards and other regulatory documentation for cast iron brake pads. The composite material (humus mixture) significantly changes its properties, in particular the coefficient of friction, under the influence of rain, snow, and low temperatures in the autumn-winter period. This requires the replacement of composite blocks with cast iron in the fall and winter, which causes additional costs for the specified operation. A significant disadvantage of brake pads made of composite material is their low thermal conductivity compared to cast iron pads. Equipping composite pads with cast iron inserts does not save the situation. Composite brake pads damage the working surface of the wheels of vehicles to a greater extent, and this increases the operating costs of railway operators for disassembling, assembling and repairing wheel pairs together with brake pads. Composite pads, when worn during operation, pollute the environment with substances harmful to human health. Recommended recommendations for reducing the cost of cast iron blocks due to the improvement of cast iron smelting technology.

Keywords: foundry production, economy, ecology, brake pads, cast iron, composite material, standardization, improvement.