

<https://doi.org/10.15407/plit2024.01.072>

УДК 621.745.55-629.4.017:62

В.Л. Мазур, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., гол. наук. спів-роб.; e-mail: prof.vlm@ukr.net; ORCID 0000-0001-8970-5389

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)

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЛИВАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ З ЧАВУНУ

Шляхом порівняння якості й експлуатаційних характеристик гальмівних колодок рухомого залізничного транспорту, виготовлених із чавуну та композиційного матеріалу (гумоазбестової та гумобезазбестової суміші), проаналізовано техніко-економічні показники ливарної продукції. Використання гальмівних колодок, виготовлених із композиційного матеріалу, спричинює збільшення пошкоджень поверхні кочення коліс залізничного транспорту і зумовлює необхідність додаткового технічного обслуговування та поточного ремонту колісних пар. Витрати на додаткове технічне обслуговування коліс, переточування їх поверхні кочення для видалення дефектів призводить до погіршення економічних результатів діяльності залізниці. Зазначені роботи потребують використання праці фахівців та необхідного обладнання для виконання монтажу-демонтажу й переточування колісних пар. Трудовитрати на ці роботи та зменшення ресурсу експлуатації вартісних коліс залізничного транспорту необхідно враховувати при всебічній оцінці й порівнянні техніко-економічної ефективності гальмівних колодок, виготовлених литвом із чавуну чи будь-яких інших, у тому числі композиційних, матеріалів. Оснащення фрикційного елемента композиційних колодок чавунними вставками свідчить про переваги чавуну перед композиційною гумосумішшю в питанні забезпечення оптимального температурного режиму експлуатації системи «колесо–колодка». Наведено динаміку зростання цін на гальмівні колодки, виготовлені з чавуну та композиційного матеріалу. Ціни на гальмівні колодки з композиційного матеріалу, обладнані чавунними вставками, більше ніж удвічі вищі за ціну чавунних колодок. При комплексній техніко-економічній оцінці ефективності або неефективності використання гальмівних колодок залізничного транспорту необхідно враховувати також витрати, збитки, опосередковано пов'язані зі шкідливістю для здоров'я людей і довкілля продуктів зносу матеріалу токсичних композиційних колодок. Стандарти й технічні умови на гальмівні колодки, у яких не регламентовано хімічний склад фрикційного матеріалу, не відповідають законодавству України, і тому є нелегітимними.

Ключові слова: ливарне виробництво, гальмівні колодки, чавун, композиційні матеріали, стандарти, технічні умови, ціни, економіка, екологія, ефективність.

Металургія, машинобудування, інші галузі промисловості України зазнали значних втрат в останні роки. Це стосується і ливарної підгалузі. Але через суттєво

менші масштаби ливарних підприємств відновлення їх діяльності стикається з меншими труднощами, ніж відродження великих металургійних комбінатів, які зазнали значного руйнування. Стратегічним напрямом діяльності ливарних заводів України нині є забезпечення держави продукцією, необхідною для відновлення інфраструктури країни у воєнний та повоєнний періоди. За даними, наведеними у статті [1], найближчими роками потреби України лише на відновлення водопровідних і водовідвідних мереж, наприклад, становлять щорічно не менше 150 тис. т запірної арматури, зокрема чавунних засувок, тощо. Для потреб залізниці ливарні заводи виготовляють у значних обсягах гальмівні (гальмові) колодки з чавуну, інші вироби. Сумарні обсяги продукції, які виробляють на ливарних підприємствах для забезпечення потреб держави у воєнний та повоєнний періоди, можуть дорівнювати 1 млн т в рік.

З різних причин не всі ливарні підприємства готові до виконання поставлених задач, оскільки не всі з них оснащені сучасним обладнанням і реалізують новітні досягнення в технології виробництва литва. Якщо йдеться про ливарні вироби з чавуну, то модернізація цього сектора ливарної підгалузі нині націлена на розвиток індукційних печей, які за ефективністю виробництва та якістю виплавленого чавуну суттєво переважають вагранки. Обладнання, технологія і можливості виготовлення високоякісної ливарної продукції широкого асортименту на сучасних ливарних заводах розглянуто у статтях [2–3]. Доведення ливарного виробництва до найвищого технологічного рівня на кожному заводі потребує виконання комплексу проектно-конструкторських і науково-дослідних робіт, інвестицій на реконструкцію та модернізацію виробництва. Заплановані новації потребують попереднього техніко-економічного обґрунтування, а після впровадження нових технічних рішень на практиці — оцінки їх ефективності. Тобто невід’ємним атрибутом розвитку ливарного виробництва є оцінка техніко-економічних результатів від реалізації прогресивних заходів, як у межах заводу, так і в державі в цілому.

У часи планової економіки обсяги виробництва ливарної продукції визначали державні програмні документи. Планування розвитку цієї підгалузі базувалося на результатах прогнозу попиту на ливарну продукцію в перспективі [4]. Матеріали досліджень, що виконувалися у цьому напрямі, дозволяли визначати закономірності й тенденції розвитку ливарного виробництва у вартісному та натуральному вимірах в умовах планової економіки та жорсткого регулювання цін. Технічний прогрес у ливарному виробництві розглядали як функцію взаємопов’язаного розвитку машинобудування, металообробки, металургії, інших галузей промисловості. У нинішніх умовах функціонування ринкової економіки в державі такий підхід до оцінки ефективності розвитку ливарного виробництва прийнятний лише частково.

Ефективність діяльності ливарної промисловості України сьогодні, у складний для держави період має оцінюватися принципово інакше. По-перше, незважаючи на те що промисловість України функціонує на принципах ринкової економіки, безальтернативним пріоритетом у виробничій програмі кожного ливарного підприємства має бути позачергове виконання державних оборонних замовлень. Держава зі свого боку повинна створювати режим сприяння для виконання таких замовлень. По-друге, у воєнний та повоєнний періоди ринкова економіка має бути доповнена елементами жорсткого державного контролю та регулювання діяльності підприємств, які задіяні у виконанні замовлень оборонного призначення. По-третє, відповідні державні органи, зокрема Антимонопольний комітет України (АМКУ), державні підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»), ДП «Укрметртестстандарт» та ін., мають здійснювати контроль за цінами на продукцію і відповідністю її якості вимогам стандартів, технічних умов, нормативної документації в цілому. Органи державної влади повинні запровадити заходи щодо гарантування першочергового постачання на відповідні ливарні заводи сировини (зокрема металобрухту,

феросплавів), енергоносіїв тощо, а також сприяти забезпеченню підприємств кадрами. Ефективність впроваджених техніко-економічних та організаційних рішень має визначатися й оцінюватися перш за все фактом своєчасного виготовлення замовленої ливарної продукції.

Розглянемо конкретні приклади вирішення цих завдань із практики ливарного виробництва.

Відомо, що основною сировиною для ливарних підприємств є металобрухт. В Україні дефіциту металобрухту зі зрозумілих причин немає. Враховуючи зазначене, металургійні та ливарні підприємства намагаються збільшити обсяг металобрухту у складі шихти для виплавлення чавуну, сталі в індукційних печах і подальшого виготовлення литва. Заготівля металобрухту підприємствами вторинних металів пов'язана з виконанням комплексу робіт із демонтажу об'єктів, розбирання устаткування, техніки, що утилізуються. Вона потребує застосування спеціального обладнання й технологій, виробничих витрат. Ці роботи мають свою вартість і повинні адекватно оцінюватись. Штучне заниження ціни на металобрухт на внутрішньому ринку України і стримування його експорту може негативно вплинути на ефективність діяльності та розвиток брухтозаготівельної підгалузі. Потреби ливарних підприємств у металобрухті відносно невеликі порівняно з обсягами металобрухту, який переплавляють на великих металургійних комбінатах. Відповідно ливарні підприємства не є пріоритетними споживачами металобрухту для потужних брухтозаготівельних організацій, вторметів. Враховуючи це, було б доцільним з боку держави надавати преференції брухтозаготівельним підприємствам, які першочергово постачають якісний металобрухт ливарним заводам, де виготовляють оборонні замовлення та литво для відновлення інфраструктури українських міст і селищ.

Розвиток та ефективність ливарного виробництва прямо й опосередковано залежать від експортно-імпоротної політики, яку проводить держава. З одного боку, органи державної влади на всіх рівнях мають сприяти експорту продукції українських ливарних підприємств. Це складна задача. Працювати над нею необхідно постійно та наполегливо, оскільки закордонні виробники ливарної продукції захищають свій ринок. Тому вкрай важливим для нас є завдання захисту внутрішнього ринку України від експансії ливарної продукції закордонних виробників. Владним структурам України належить діяти більш рішуче у цій сфері.

У статті [2] представлена інформація щодо освоєння на ливарному заводі ТОВ «М-ЛИТ», що в місті Нікополь Дніпропетровської обл., сучасної технології виплавлення чавуну для виготовлення запірної трубопровідної арматури, а саме водопровідних засувок, гальмівних (гальмових) колодок для рухомого складу залізниці, іншої продукції відповідального призначення. Завод оснащено обладнанням провідних машинобудівних фірм, які спеціалізуються у галузі ливарного виробництва. Реалізовані технічні рішення забезпечують найвищу якість литва. Продукція заводу сертифікована і постачається на український та європейський ринки. Завод ТОВ «М-ЛИТ» спроможний повністю забезпечити попит України в трубопровідній арматурі необхідного сегменту. Проте до недавнього часу трубопровідну арматуру в значних обсягах імпортували. Демпінгова ціна імпортних водопровідних засувок зумовлена її низькою якістю через «економію» матеріалів і невідповідність цієї закордонної продукції вимогам чинних в Україні стандартів. Використання низькоякісної запірної арматури підвищує ймовірність виникнення аварій водопровідних мереж та скорочує строки їх експлуатації. У результаті «економія» на закупівлі дешевих імпортних засувок обертається додатковими витратами експлуатаційників водопровідних мереж, пов'язаних з їх ремонтами. Через неконтрольований імпорт засувок несуть збитки й українські ливарні заводи внаслідок неповного завантаження виробничих потужностей. Збільшення обсягів виробництва призведе до зниження собівартості і цін на цю продукцію. Очевидно, що Україна має вжити додаткових заходів для

припинення надходження на внутрішній ринок неякісної імпоротної трубопровідної арматури через запровадження системи сертифікації та інших засобів контролю її якості. Українське законодавство має запровадити пріоритети для національних виробників цієї продукції при проведенні тендерів на її закупівлю.

Ситуація з нереагуванням або недостатнім реагуванням органів державної влади на факти недобросовісної конкуренції нерідко має місце на внутрішньому ринку України і щодо іншої ливарної продукції з чавуну, а саме стосовно гальмівних колодок для рухомого складу залізниці. Сучасні ливарні підприємства нині виробляють гальмівні колодки з «синтетичного» чавуну, який виплавляють в електричних індукційних печах зі сталюого металобрухту. Запроваджена технологія забезпечує можливість отримання ливарного чавуну з мінімальним вмістом сірки (не більше 0,05 %) та позбутись небажаних домішкових елементів у його хімічному складі [2–3 та ін.]. Науковці Фізико-технологічного інституту металів та сплавів (ФТІМС) НАН України разом із персоналом ливарних підприємств і фахівцями залізниці оптимізували хімічний склад, мікроструктуру, механічні властивості тощо чавунних гальмівних колодок різних типів [4], визначили шляхи удосконалення якості цієї продукції.

У роботах [3–7 та ін.] розглянуто переваги й недоліки, ефективність використання в економічному та екологічному аспектах гальмівних колодок із чавуну порівняно з колодками із т. зв. «композиційного» матеріалу. Дана стаття певною мірою продовжує розгляд цього питання з позицій вимог законодавства України до стандартизації матеріалу гальмівних колодок. Показано, що в технічних умовах на гальмівні колодки з «композиційного» матеріалу (азбестової чи безазбестової гумосуміші), у тому числі на композиційні колодки з чавунними вставками, не регламентується перелік і відсотковий вміст компонентів композиційної гумосуміші та їх хімічний склад. Цим самим порушується законодавство України, що відносить технічні умови на композиційні гальмівні колодки до розряду нелегітимних. Органи державної влади поки що не реагують на зазначені неспростовні порушення законодавства з боку виробників композиційних колодок та їх споживачів, які намагаються виправдовувати порушення нібито техніко-економічною ефективністю застосування композиційних гальмівних колодок на рухомому залізничному транспорті. Але результати детальних і всебічних комплексних досліджень ефективності використання на залізничному транспорті гальмівних колодок, виготовлених із композиційної гумосуміші, порівняно з чавунними колодками нерідко призводять до протилежних висновків [3, 5–6 та ін.].

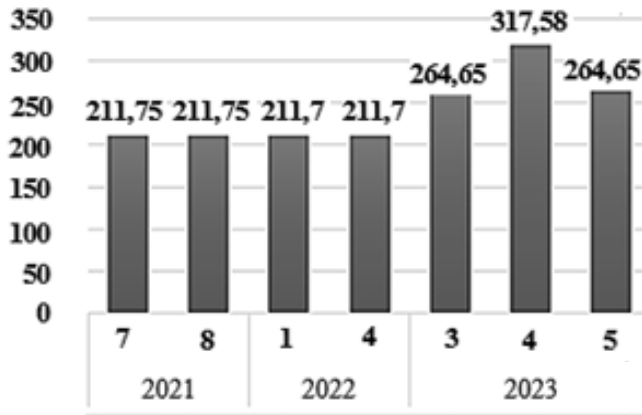
Тому слід повністю погодитися з позицією авторів роботи [7], що при виборі матеріалу для виготовлення гальмівних колодок треба знаходити компроміс серед суперечливих вимог, яким гальмівні колодки мають відповідати. Показовим прикладом такої суперечливості є, наприклад, вимоги до коефіцієнта тертя колодки по поверхні колеса рухомого складу та її зносу. Так, для ефективного гальмування коефіцієнт тертя має наближатися до максимуму. Але використання фрикційних матеріалів із високим коефіцієнтом тертя супроводжується підвищеним зносом контактуючих поверхонь у зоні контакту колодки й колеса, оскільки знос прямо пропорційно залежить від роботи сил тертя. Більше коефіцієнт тертя — більше сила тертя і знос поверхні тертя.

Важливими факторами у системі тертя «колесо–колодка» є відведення тепла із зони контакту та екологічна безпечність продуктів зносу матеріалу гальмівних колодок. У роботі [7] запропоновано й сформульовано цільову функцію для вибору найвигіднішого варіанта виконання гальмівної колодки, включаючи вибір найкращого матеріалу, оптимального для виготовлення колодки конкретного типу. Запропонована в роботі [7] цільова функція передбачає, що матеріал гальмівної колодки має забезпечувати максимально можливе відведення тепла під час гальмування. До того ж коефіцієнт тертя повинен наближатися до максимуму, при тому що знос робочих поверхонь в парі тертя «колодка–колесо» — до мінімуму. Продукти зносу матеріалу колодок мають бути безпечні для людей та довкілля, це обов'язкова вимога. А собівартість виготовлення колодок та експлуатації гальмівної системи «колодка–колесо» рухомих засобів бути мінімальною.

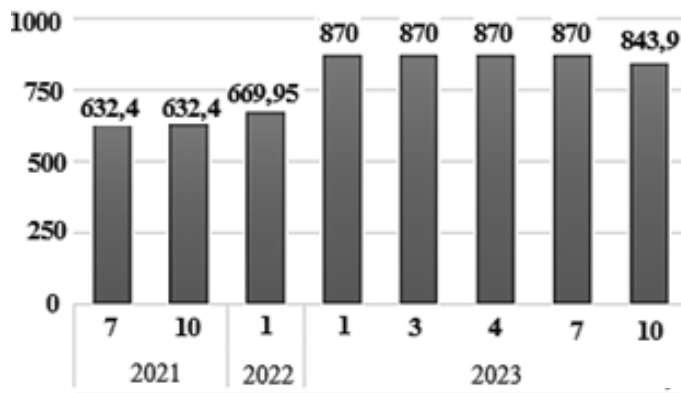
Оцінка вагомості кожного з названих факторів та їх сукупний вплив на техніко-економічну ефективність гальмівних колодок із чавуну та композиційного матеріалу дозволяє зробити висновок, що, по-перше, основним і найважливішим показником якості матеріалу гальмівних колодок, який визначає їх вартість, експлуатаційні характеристики, загалом техніко-економічну ефективність використання колодок, є його хімічний склад. Підкреслюємо, що в стандартах і технічних умовах на чавунні колодки хімічний склад чавуну детально регламентовано. У порушення законодавства України в технічних умовах на композиційні колодки відсотковий вміст компонентів композиційної гумосуміші та їхній хімічний склад не визначено. Це ставить під сумнів легітимність таких технічних умов. По-друге, композиційні гальмівні колодки більшою мірою пошкоджують робочу поверхню коліс рухомих транспортних засобів, ніж колодки з чавуну [4, 7]. Витрати на обстеження колісної пари та її обточування становлять тисячі гривень. Зазначені роботи потребують використання праці фахівців та наявності необхідного обладнання для їх виконання. Кожне обточування вартісних коліс для видалення дефектів на поверхні кочення скорочує тривалість експлуатації колісних пар. Відповідно, ці витрати негативно відображаються на техніко-економічних показниках використання композиційних гальмівних колодок. По-третє, при оцінці техніко-економічної ефективності гальмівних колодок, виготовлених із різних матеріалів, обов'язково потрібно враховувати, що продукти зносу композиційної гумосуміші колодок шкідливі для людей і навколишнього середовища [8–11]. Тобто композиційні колодки токсичні та небезпечні для людей і довкілля. Витрати на лікування людей, які, можливо, хворіють з цієї причини, нині не обраховуються, але зазначене питання вкрай важливе і потребує вирішення.

Задача достовірної оцінки ефективності технічних рішень, що реалізуються у ливарному виробництві, як зазначено вище, не втратила актуальності й після переходу економіки до ринкових відносин. До того ж посилилась вагомість застосування як основного критерію оцінки ефективності вкладених інвестицій у розвиток виробництва та результатів реалізації наукових досліджень не тільки обсягу виготовленого литва, а й його вартості. Підвищення технічного рівня, якості та ефективності гальмівних колодок, як із чавуну, так і з композиційних матеріалів, супроводжується підвищенням витрат на їх виготовлення й ціни на ринку. Але неприпустимо, щоб підприємства, які є монополістами на ринку конкретної продукції у державі, безпідставно та безконтрольно підвищували ціни на свої вироби. Саме тому питання цінової політики має бути предметом постійної уваги органів, які відповідають за дотримання антимонопольного законодавства в державі.

У нашій статті [5] на підставі даних, наведених у тендерній документації системи «Prozorro», порівняно ціни на гальмівні колодки з чавуну та композиційного матеріалу. Показано, що, наприклад, ціна (без ПДВ) чавунних колодок типу «М» в період з 2016 по 2022 рр. дорівнювала ~ 400 грн; типу «С» ~ 363 грн. Ціна колодки композиційної без чавунних вставок становила ~ 223 грн; композиційної з чавунними вставками ~ 670 грн; композиційної типу «М» з чавунним каркасом ~ 711 грн. У 2023 р. ціни продажу чавунних колодок змінилися і становили (грн): колодки типу «М» — 559...694; типу «Ф» — 639; типу «С» — 529...640. Ціни композиційних колодок склали (грн): гребеневої з чавунним каркасом колодки типу 2TP-172 для локомотивів ~ 870...970; композиційної з чавунними вставками 2TP-156 ~ 844...870; колодки для пасажирських вагонів 2TP-155 ~ 265; для вантажних вагонів 2TP-11 ~ 318. Для наочності ці дані представлені на рисунку у вигляді графіків. Зазначені ціни є орієнтовними. Але вони свідчать про тенденції зростання цін на гальмівні колодки залізничного рухомого складу. Наведені вище ціни на композиційні колодки зазначеного типу перевищують ціни на аналогічні колодки з чавуну. Можна очікувати, що подальші дослідження та вивчення досвіду експлуатації гальмівних колодок різних виробників дозволять розширити й уточнити представлені результати.



а



б

Рис. Динаміка цін на гальмівні композиційні колодки 2ТР-11 (а) і 2ТР-156 (б). Позначено: по осі ординат — ціна, грн без ПДВ; по осі абсцис — місяць та рік

Висловлені вище погляди, оцінки, висновки є суб'єктивними судженнями авторів даної статті. Вони мають узагальнений характер без прив'язки до продукції конкретних виробників. Водночас представлені оцінки й судження висвітлюють нинішню ситуацію та перспективні напрями розвитку зазначеної теми в науково-технічному й економічному аспектах.

Висновки

- Відсутність достовірної інформації щодо хімічного складу й властивостей композиційного матеріалу колодок унеможливорює достовірну оцінку технічних та економічних показників їх експлуатації. Неможливість контролю споживачами хімічного складу композиційного матеріалу колодок дозволяє їх виробникам безконтрольно змінювати відсотковий вміст компонентів гумосуміші, що впливає на властивості й експлуатаційні характеристики композиційних колодок.

- Різні судження та висновки щодо техніко-економічної ефективності чавунних, композиційних на основі гумосуміші, комбінованих (чавунно-композиційних) гальмівних колодок значною мірою зумовлені різними методиками оцінки їх фрикційних характеристик, механічних властивостей, експлуатаційних показників. Зазначене відбувається також внаслідок відсутності в технічних умовах на композиційні колодки інформації про склад та ступінь токсичності композиційної

гумосуміші, насамперед щодо відсоткового вмісту компонентів гумосуміші та їх хімічного складу. Відсутність визначення в технічних умовах на колодки вмісту й хімічного складу компонентів гумосуміші порушує законодавство України і зводить технічні умови та, відповідно, вироби до рівня нелегітимності.

- Композиційні колодки більше, ніж чавунні схильні до пошкодження робочої поверхні коліс транспортних засобів та появи на ній дефектів. Це вимагає демонтажу, переточування, монтажу колісних пар, погіршує техніко-економічні показники виробничої діяльності залізниці.

- Оснащення фрикційного елемента композиційних колодок чавунними вставками не виключає їх недоліки, зумовлені низькою теплопровідністю композиційної гумосуміші, але призводить до подорожчання колодок у 2–3 рази. Темпи зростання ціни на композиційні гальмівні колодки з чавунними вставками суттєво вищі за ціни на чавунні колодки аналогічного призначення.

Список літератури

- 1 Мазур В.Л., Попов Є.С., Клименко С.І., Сіренко К.А. Задачі ливарних підприємств у відновленні інфраструктури України. *Метал та лиття України*. 2023, Т. 31. № 1 (332). С. 64–69.
- 2 Попов Є.С., Мазур В.Л., Шинський О.Й. Удосконалення ливарного виробництва в Україні. Литво. *Металургія*, 2021. Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Литво-2021». Запоріжжя, 2021. С. 160–164.
- 3 Мазур В.Л., Сіренко К.А. Аналіз тенденцій розвитку литва з синтетичного чавуну (на прикладі порівняння гальмових колодок для рухомого складу залізниці, виготовлених з різних матеріалів). *Теория и практика металлургии*. 2023. № 3 (134). С. 5–14.
- 4 Неижко И.Г., Найдек В.Л., Гаврилюк В.П. Тормозные колодки железнодорожного транспорта. Киев: НАН Украины, Физико-технологический институт металлов и сплавов. 2009. 121 с.
- 5 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>.
- 6 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>.
- 7 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.
- 8 Шафран Л. М., Мазур В.Л., Большой Д.В., Пихтеева 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. ч. 1. Міграція шкідливих речовин у довкілля. *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. Ч. 2. Забруднення довкілля важкими металами та азбестом. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2022. № 2 (68). С. 15–26.
- 10 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.
- 11 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.

Надійшла 01.02.2024

References

- 1 Mazur, V.L., Popov E.S., Klymenko S.I., Sirenko K.A. Tasks of foundry enterprises in restoring the infrastructure of Ukraine. *Metal and Casting of Ukraine*. 2023. Vol. 31. No. 1 (332). P. 64–69. <https://doi.org/10.15407/steelcast2023.01.063> [in Ukrainian].
- 2 Popov, E.S., Mazur, V.L., Shinsky, O.I. Improving foundry production in Ukraine. Casting. Metallurgy. 2021. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference «Casting-2021». Zaporizhzhia, 160–164 [in Ukrainian].
- 3 Mazur, V.L., Sirenko, K.A. Analysis of trends in the development of casting production from synthetic pouring (on the example of comparing brake pads for railway rolling stock made of different materials). *Theory and practice of metallurgy*. 2022. No. 3 (134). P. 5–14 [in Ukrainian].
- 4 Neizhko, I.G., Naydek, V.L., Gavrilyuk, V.P. Railway brake pads. Kyiv: National Academy of Sciences of Ukraine, Physical and Technological Institute of Metals and Alloys. 2009. P. 121 [in Russian].
- 5 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*. No. 3 (149), 54–62. <https://doi.org/10.15407/plit2022.03.054> [in Ukrainian].
- 6 Mazur, V.L., Sirenko, K.A. Problematic issues of standardisation of foundry products (on the example of standardisation of railway brake pads). *Metal and Casting of Ukraine*. 2023. Vol. 31. No. 3 (334). P. 39–48. <https://doi.org/10.15407/steelcast2023.03.039> [in Ukrainian].
- 7 Yamshynskyi, M. M., Nazarenko, V. S., Kravchenko, K. O. Analysis of brake pads and ways to evaluate their promising designs. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. 2015. No. 1 (218). P. 204–209 [in Ukrainian].
- 8 Shafran, L.M., Mazur V.L., Bolshoy D.V., Pykhtieieva E.G., Tretyakova E.V., Potapov E.A., Tretyakov A.M., Mikhalkova S.G. 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. *Actual problems of transport medicine*. 2022. No. 1 (67). P. 7–18.
- 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. Pykhtieieva, E.V. Tretyakova, E.A. Potapov, O.M. Tretyakov, D.M. Pykhtieiev. *Actual Problems of Transport Medicine*. 2022. No. 2 (68). P. 15–26 [in Ukrainian].
- 10 Martynov, I. E., Nehvoloda, K. S. Analysis of the factors influencing efficiency of use of automatic brakes of freight cars. *Collection of scientific works of UkrDAZT*. 2013. Issue 139. P. 230–235 [in Ukrainian].
- 11 Ravlyuk, V.G. Analysis of negative consequences resulting from inappropriate interaction between brake pads and wheel pairs of freight wagons. *Bulletin of NTU «KhPI»*. Kharkiv. 2016. No 49 (1221). P. 119–123 [in Ukrainian].

Received 01.02.2024

V.L. Mazur, Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Chief Researcher; e-mail: prof.vlm@ukr.net; ORCID 0000-0001-8970-5389

K.A. Sirenko, Junior Researcher; e-mail: thermoexp.metal@gmail.com; ORCID 0000-0003-2613-8094

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

TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF CAST IRON PRODUCTS

On the example of comparing the quality and performance characteristics of brake pads for rolling stock made of cast iron and composite material (rubber-asbestos and rubber-asbestos mixture), the technical and economic indicators of foundry products are analysed. The use of brake pads

of composite materials leads to an increase in damage to the rolling surface of railway wheels and necessitates additional maintenance and routine repair of wheel sets. The cost of additional maintenance of wheels, regrinding their rolling surface to remove defects leads to a deterioration in the economic performance of the railway. These works require the use of specialist labour and the availability of the necessary equipment for mounting and dismounting and resharpening wheel sets. The labour costs for these works and the reduction in the service life of expensive railway wheels must be taken into account when comprehensively assessing and comparing the technical and economic efficiency of brake pads made by casting from cast iron or any other materials, including composite materials. Equipping the friction element of composite pads with cast iron inserts indicates the advantages of cast iron over composite rubber compounds in terms of ensuring the optimal temperature regime of the wheel-pad system. The article shows the dynamics of price growth for brake pads made of cast iron and composite material. Prices for brake pads made of composite material with cast iron inserts are more than twice as high as the price of cast iron pads. A comprehensive technical and economic assessment of the effectiveness or ineffectiveness of railway brake pads should also take into account the costs and losses indirectly associated with the harmfulness to human health and the environment of the wear products of toxic composite pads. Standards and technical specifications for brake pads that do not regulate the chemical composition of the friction material do not comply with Ukrainian law and are therefore illegitimate.

Keywords: foundry, brake pads, cast iron, composite materials, standards, specifications, prices, economy, ecology, efficiency.

ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

Передплата журналу

«Процеси лиття»

здійснюється через редакцію.

Журнал виходить 4 рази на рік.

Для отримання журналу з будь-якого числа

необхідно надіслати лист-запит

на адресу: 03142, р. Київ-142

б-р Вернадського, 34/1,

ФТИМС НАН України

з позначкою журнал «Процеси лиття» або

факс: (044) 424-35-15; e-mail: proclit@ptima.kiev.ua.

Рахунок-фактуру за запитом редакція

надсилає листом, факсом або по e-mail.

Вартість одного журналу — 200 грн.

**Річна передплата з урахуванням
поштових витрат – 880 грн (для України).**