

**В.Л. Мазур**, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., гол. наук. співр., e-mail: [prof.vlm@ukr.net](mailto:prof.vlm@ukr.net),  
<https://orcid.org/0000-0001-8970-5389>

**К.А. Сіренко**, мол. наук. співр., e-mail: [thermoexp.metal@gmail.com](mailto:thermoexp.metal@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2613-8094>

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

## Проблемні питання стандартизації ливарної продукції (на прикладі стандартизації гальмових колодок залізничного транспорту)

*На прикладі гальмових колодок для рухомого складу залізниці проаналізовано тенденції і перспективи розвитку нормативно-правової бази (стандартів, технічних умов тощо) на цю продукцію з різних матеріалів. Надано загальну характеристику гальмових колодок із чавуну і композиційного матеріалу (азбестової і безазбестової гумосуміші) без прив'язки до будь-якого конкретного підприємства чи заводу. Узагальнено результати аналітичних і експериментальних досліджень, практичного досвіду використання різних гальмових колодок на практиці. Порівняно вимоги технічних умов і стандартів на гальмові колодки залізничного транспорту з чавуну та композиційного матеріалу (гумосуміші). Недоліки технічних умов на композиційні гальмові колодки, в тому числі і на колодки з чавунними вставками, полягають у відсутності вимог до відсоткового вмісту компонентів гумосуміші та їх хімічного складу. Цим самим порушується законодавство України, оскільки хімічний склад будь-яких виробів має бути конкретно визначений в технічних умовах або в кресленнях виробів. Підкреслено шкідливий вплив на здоров'я людей і довкілля продуктів зносу композиційних гальмових колодок. Напрями розвитку нормативно-правової бази на виробництво гальмових колодок з різних матеріалів, зокрема стандартів і технічних умов на цю продукцію, передбачають регламентацію відсоткового вмісту компонентів й їх хімічного складу в композиційному матеріалі та можливу корекцію діапазонів вмісту хімічних елементів у складі чавуну, з якого виготовляють чавунні колодки. Рекомендовано при удосконаленні стандартів і технічних умов на чавунні гальмові колодки звернути увагу на розміри та розташування діапазонів вмісту вуглецю, кремнію, марганцю, фосфору та зменшення допустимого вмісту сірки до 0,05 %. В стандартах на чавунні гальмові колодки доцільно для полегшення виявлення можливих поверхневих дефектів колодок проводити їх дробеметну очистку. Розглянуто вимоги стандартів інших держав до побудови стандартів на гальмові колодки залізничного транспорту. Технічні умови на гальмові композиційні колодки залізничного транспорту, які діють в Україні, необхідно ідентифікувати відповідно до стандартів Європейського Союзу на цю продукцію. Акцентовано увагу на невідкладних заходах, спрямованих на удосконалення стандартів і технічних умов у зазначеній сфері.*

**Ключові слова:** стандарти, гальмові колодки, чавун, композиційний матеріал, хімічний склад, технічні вимоги, екологія.

**А**наліз стану та тенденцій розвитку ливарного виробництва в Україні [1—3 та ін.] свідчить про суттєві позитивні зрушення у цій підгалузі металургії та машинобудування. Розвиток зазначеного сектору, як й промисловості України у цілому, значною мірою залежить від досконалості нормативно-правової бази, а саме стандартів, технічних умов тощо на ливарну продукцію [4—7 та ін.]. Рівень вимог до якості продукції, і не тільки ливарної, а взагалі будь-яких товарів, регламентований у стандартах, визначає її конкурентоздатність на внутрішньому і зовнішньому ринках. Науково-технічний рівень стандартів на ливарну продукцію суттєво впливає і на собівартість литва. Важливо, щоб удосконалення стандартів і технічних умов на продукцію стимулювало підвищення її експлуатаційних характеристик.

Проблемні питання у сфері стандартизації

ливарної продукції розглянемо шляхом порівняння вимог стандартів і технічних умов до гальмових (гальмівних) колодок залізничного транспорту з чавуну (продукції ливарних підприємств) і з так званого «композиційного» матеріалу (гумосуміші на базі каучуку і наповнювачів у вигляді бариту, доломіту, азбесту, сажі, шліфпили, технічного вуглецю, сірки молотої, інших інгредієнтів) [4, с. 77], в тому числі колодок з чавунними вставками.

Гальмові колодки є одним із найважливіших, періодично замінюваним елементом, деталлю гальмівних систем рухомого складу залізничного транспорту. Їх виробництво щорічно сягає сотень тисяч штук. В усіх технічно розвинутих країнах ведуться пошуки нових, ефективних матеріалів для виготовлення гальмових залізничних колодок, зокрема композиційних (гумосумішей з різними інгредієнтами),

полімерних, керамічних, також металевих сплавів. Водночас покращується якість чавунних колодок, завдяки удосконаленню технології виплавлення чавуну [1—4 та ін.].

Класичним матеріалом для виготовлення гальмових колодок зазначеного призначення вважається чавун [4]. Порівнянням саме з колодками із чавуну оцінюють якість, експлуатаційні характеристики (коефіцієнт тертя, зносостійкість, інші показники), витрати на закупівлю і споживання, шкідливість чи нешкідливість для здоров'я людей і довкілля гальмових колодок, виготовлених з різних матеріалів [1, 3, 6—9 та ін.]. Порівняльний аналіз стандартів і технічних умов (ТУ) на цю продукцію є актуальним і вкрай необхідним завданням при визначенні шляхів розвитку виробництва зазначеної продукції та розвитку її стандартизації.

Слід зазначити, що за даними багатьох досліджень [1, 3—7, 9 та ін.] чавунні колодки по ряду експлуатаційних параметрів мають переваги перед колодками з композиційного матеріалу. Чавунні колодки більш надійні в експлуатації, що підтверджує досвід їх експлуатації протягом двох століть. Саме тому чавунні колодки використовують у гальмівних системах локомотивів, вантажних вагонах великої ваги, в умовах підвищеної відповідальності. Чавунні колодки всепогодні й не потребують, як композиційні колодки, заміни в осінньо-зимові періоди. Продукти зносу чавунних колодок не здійснюють шкідливого впливу на здоров'я працівників, пасажирів залізниці, населення в цілому та довкілля. Немає проблем з утилізацією зношених чавунних колодок, оскільки вони використовуються в якості цінної вторинної сировини (металобрухту) для переплавлення в металургійній промисловості. Зношені колодки із композиційного матеріалу (гумосуміші) відносяться до категорії відходів класу IV небезпеки і повинні підлягати утилізації на полігонах захоронення відповідно до Закону України «Про відходи», що затверджено.

Гальмові колодки з композиційного матеріалу зі свого боку мають деякі переваги перед чавунними колодками. Вони легші чавунних. Наприклад, згідно з Технічними умовами «Колодки гальмівні (гальмові) композиційні для локомотивів» ТУ У 30.2-35046274-060:2021 маса колодки складає  $9,3 \pm 0,3$  кг. Маса аналогічної чавунної колодки типу «М» складає 14,7 кг. Відповідно композиційні колодки потребують менших зусиль при їх заміні ремонтно-обслуговуючою бригадою. Виробники стверджують, що гальмові колодки з композиційного матеріалу нібито зменшують шум від залізничних потягів порівняно з шумом від потягів, оснащених чавунними колодками. Але в технічній літературі не наведено результатів досліджень цього питання на конкретних прикладах.

Аналізуючи тему стандартизації ливарної продукції, перш за все доцільно нагадати, що згідно з частиною першою статті 6 Закону України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 № 1315-VII технічні умови відносяться до нормативних документів, прийнятих підприємствами, установами та організаціями,

що здійснюють стандартизацію. Підприємства, установи та організації, що здійснюють стандартизацію, є суб'єктами стандартизації. Вони мають право у відповідних сферах діяльності та з урахуванням своїх господарських і професійних потреб виконувати роботи із стандартизації, зокрема розробляти технічні умови і зміни до них та застосовувати прийняті ними технічні умови. Відповідно, виробники гальмових композиційних колодок, які розробили і прийняли технічні умови на цю продукцію, мають право застосовувати прийняті ними технічні умови при її виготовленні. Але слід підкреслити, що згідно з пунктом 2 статті 16 Закону України «Про стандартизацію» технічні умови, прийняті підприємствами, застосовуються на добровільній основі. Тобто, якщо Укрзалізниця (основний споживач гальмових колодок) застосовує гальмові колодки, виготовлені відповідно до вимог технічних умов, розроблених виробником колодок, то здійснює це виключно на добровільній основі. Споживач має право відмовитися від використання продукції, виготовленої за технічними умовами, якщо вимоги технічних умов не влаштовують споживача. Більше того, споживач зобов'язаний відмовитися від застосування технічних умов на продукцію, зокрема на гальмові композиційні колодки, якщо їх побудова і зміст не відповідають законодавству України.

Згідно з частиною третьою статті 6 Закону України «Про стандартизацію» право власності на технічні умови, прийняті підприємствами, належать цим підприємствам. Ні національний орган стандартизації, ні ДП «Укрметртестстандарт» і ніяка інша організація не мають повноважень припинити чинність технічних умов. Рішення про припинення (скасування) чинності технічних умов може бути прийнято суб'єктом господарювання — власником технічних умов або, за наявності обґрунтованих підстав, у судовому порядку.

Виконаний аналіз [1, 3, 6—7 та ін.] засвідчив, що не всі технічні умови на гальмові колодки з композиційного матеріалу розроблені виробниками цієї продукції з додержанням вимог до побудови і змісту технічних умов, визначених законодавством України та викладених у ГОСТ 2.114-95. Розглянемо це важливе питання детально.

Згідно з пунктом 3 статті 16 Закону України «Про стандартизацію» право власності на технічні умови, що прийняті підприємствами, належать цим підприємствам. Водночас згідно з цим Законом України технічні умови на будь-яку продукцію мають бути побудовані розробником таким чином, щоб неможливо було використовувати їх з метою введення в оману споживачів продукції, або надавати перевагу виробнику продукції, розробнику технічних умов на неї. Відповідно до статті 4 Закону основні принципи державної політики у сфері стандартизації, в тому числі й при прийнятті технічних умов на гальмові колодки, полягають у забезпеченні визнаних правил, постанов і процедур щодо охорони життя та здоров'я людей, прав та інтересів споживачів, збереження навколишнього середовища, економії ресурсів.

Аналіз нормативної документації на виготовлен-

ня гальмових колодок для залізничного транспорту свідчить [1—6 та ін.], що технічні умови на гальмові колодки з композиційного матеріалу не відповідають нормам Закону України «Про стандартизацію». Стандартом, який встановлює правила та настанови щодо побудови і змісту технічних умов на будь-яку продукцію, в тому числі й на композиційні колодки, є ГОСТ 2.114-95. В стандартах й технічних умовах на чавунні гальмові колодки хімічний склад, структура, інші показники чавуну детально визначені й регламентовані. Ливарні підприємства постачають на Укрзалізницю чавунні гальмові колодки, які виготовлені у відповідності з діючими стандартами. Гальмові композиційні колодки нині виготовляють за нелегітимними із законодавчої точки зору технічними умовами. Зокрема це ТУ У 6-05495578.017-2001, ТУ У 23.9-35046274-053:2015, ТУ У 30.2-35046274-059:2016, інші подібні та зміни до цих ТУ. Нелегітимність зазначених та аналогічних ТУ на колодки з композиційного матеріалу полягає в тому, що в порушення законодавства України в них не визначено і не регламентовано відсотковий вміст компонентів композитної гумосуміші та їх хімічний склад [7 та ін.]. Згідно із законодавством України і відповідно до вимог ГОСТ 2.114-95 в технічних умовах на зазначену та будь-яку іншу продукцію мають бути регламентовані вимоги до складу і структури (хімічного, фракційного, концентрації домішок, вмісту компонентів тощо) виробів. В Технічних умовах на гальмові колодки з так званого «композиційного» матеріалу, який, повторюємо, найчастіше є азбестовою чи безазбестовою гумосумішшю [4], відсотковий вміст компонентів композиційного матеріалу та їх хімічний склад ніяк не визначені й не регламентуються. Усе це суперечить розглянутим вище нормам статті 4 Закону України «Про стандартизацію». Відповідно до зазначених ТУ композиційний матеріал таких колодок може включати до свого складу будь-які компоненти, навіть забруднені шкідливими для людей і довкілля речовинами. Ремарка в ТУ, що такі компоненти у гумосуміші не допускаються, майже нічого не значить, оскільки в технічних умовах компоненти і хімічний склад композиційного матеріалу гальмових колодок не визначені й, відповідно, виключена можливість контролювати склад матеріалу цих колодок залізничниками. Невиконання розглянутих вимог ГОСТ 2.114-95 зводить технічні умови до рівня їх нелегітимності.

Ухилення від регламентування відсоткового вмісту компонентів композиційного матеріалу та їх хімічного складу в технічних умовах на композиційні гальмові колодки розробники намагаються обґрунтовувати будь-якими вигаданими причинами. Наприклад тим, що розробник технічних умов сам вирішує чи потрібно регламентувати відсотковий вміст компонентів матеріалу виробів та їх хімічний склад. Але відповідно до законодавства України, згідно з ГОСТ 2.114-95, незалежно від бажання виробника продукції й розробника ТУ в будь-якому разі компоненти і хімічний склад матеріалу виробів мають бути визначеними та регламентованими в технічних умовах. Вимоги

до матеріалу композиційних колодок можуть бути визначені в конструкторських документах, наприклад в кресленнях колодок. Тоді в технічних умовах має бути надано посилання на ці конструкторські документи. Законодавство України не передбачає ніяких виключень з цієї норми.

В технічній літературі [7—8, 10 та ін.] опубліковані застереження щодо негативного впливу на здоров'я людей і навколишнє середовище продуктів зносу композиційного матеріалу (гумосуміші) гальмових колодок. Цитуємо [10]: *«Шкідливий молекулярно-механічний процес зношування полімерних композиційних гальмівних колодок супроводжується утворенням отруйного явища навколо кожного поїзда, що рухається. Це дрібнодисперсні порохи- і димоподібні частинки гуми, сажі, азбесту, електрокорунду, графіту, сірки, інших 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»*. Чавунні гальмові колодки позбавлені такого небезпечного недоліку.

Стосовно проблеми забезпечення охорони життя і здоров'я населення та збереження навколишнього середовища зробимо посилання на експертний висновок Державного підприємства «Науково-дослідний інститут медицини транспорту» [8], в якому однозначно стверджується, що композиційні колодки із гумосуміші негативно впливають на здоров'я людей, навколишнє середовище і не відповідають вимогам діючого санітарного законодавства України. Цей висновок надано за результатами детальних аналізу нормативно-технічної документації та комплексних гігієнічних, токсикологічних, екологічних досліджень з встановленням параметрів небезпечної дії матеріалу композиційних (гумоазбестових і гумобезазбестових) гальмових колодок рухомого складу залізниці на людей та довкілля. Ще раз підкреслимо — споживачі колодок апіорі не мають можливості контролювати відсотковий вміст компонентів у композиційному матеріалі та їх хімічний склад і порівнювати результати контролю з показниками в ТУ, бо ці показники не визначені у технічних умовах на композиційні колодки.

Твердження, що виробник композиційних гальмових колодок має право не вказувати в технічній документації, зокрема у Технічних умовах цих виробів, відсотковий вміст компонентів композиційного матеріалу та їхній хімічний склад, бо це його, виробника, «інтелектуальна власність» є неправомірними. У ГОСТ 2.114-95 чітко зазначено, якщо у виробі, зокрема у композиційних колодках, використані винаходи, то в технічних умовах на ці колодки наприкінці вступної частини, в останньому абзаці мають бути наведені відомості про використані винаходи, патенти. Таким способом захищається «інтелектуальна власність» на будь-які вироби.

Особливої уваги потребує питання використання залізницею колодок гальмових композиційних з чавунними вставками, які виготовляють згідно з

ТУ У 23.9-35046274-053:2015 і ТУ У 30.2-35046274-059:2016. Як відомо [11 та ін.], теплопровідність композиційного матеріалу (гумосуміші) порівняно з чавуном низька. Чавунні вставки у композиційному матеріалі гальмових колодок передбачені для покращення відводу тепла від колодок з метою збереження композиційної гумосуміші від руйнування внаслідок виникнення високих температур у зоні тертя колодки з робочою поверхнею колеса транспортного засобу під час гальмування. Не вдаючись в подробиці, які детально розглянуті в наших статтях [7, 11 та ін.], зазначимо, що ефективність таких гальмових колодок при використанні на залізниці дуже сумнівна. Вони мають ті ж самі недоліки, що й композиційні колодки без чавунних вставок. Більше того, внаслідок виготовлення вставок з чавуну, марка якого не визначена, а є лише посиланням на ГОСТ 1412, зносостійкість колодок стає залежною від зносостійкості чавунних вставок, і в результаті зменшується. Підкреслимо, що в технічних умовах на гальмові колодки композиційні з чавунними вставками ТУ У 23.9-35046274-053:2015 і ТУ У 30.2-35046274-059:2016 не регламентовано ні хімічний склад композиту, ні навіть хімічний склад чавуну, з якого виготовлені вставки. Надано посилання тільки на ГОСТ 1412, який нині замінено на ДСТУ 8833-2019. Але в цьому стандарті представлено дев'ять марок чавуну від СЧ10 (нині — СЧ100) до СЧ35 (СЧ350). І чавун кожної марки має свої особливі хімічний склад, мікроструктуру, механічні властивості, експлуатаційні характеристики. Різна доля пластинчастого графіту у мікроструктурі чавунів марок від СЧ10 (СЧ100) до СЧ35 (СЧ350) обумовлює різні величини коефіцієнта тертя чавунних вставок у композиційному матеріалі колодок по поверхні кочення коліс залізничного транспорту і загалом коефіцієнта тертя композиційних колодок з чавунними вставками. Нестабільність коефіцієнта тертя таких гальмових колодок є їх додатковим недоліком. Але виробники композиційних колодок із чавунними вставками збільшили їх ціну майже у ~ 4 рази [9]. В доповнення до аналізу, наведеного у статті [9], зазначимо, що за результатами аукціонів на закупівлю колодок гальмівних композиційних з чавунними вставками 2ТР-172, проведених в Україні у період з 06.01.2023 по 13.06.2023, ціна (без ПДВ) однієї колодки коливалась від 870 до 970,20 грн. В той самий період 2023 року ринкова вартість чавунних колодок аналогічного призначення складала приблизно 640—650 грн.

Економічна ефективність використання гальмових колодок, виготовлених з чавуну чи з композиційного матеріалу, визначається, насамперед, витратами на експлуатацію колісних пар залізничного транспорту. Композиційні гальмові колодки порівняно з чавунними негативно впливають на зносостійкість і працездатність колісних пар рухомого складу внаслідок схильності композиційного матеріалу (гумосуміші) до пошкодження поверхні катання коліс [1, 5]. Дефекти на поверхні коліс потребують демонтажу колісних пар, переточки коліс, повторного їх монтажу, знижують строк експлуатації коліс. В результаті залізниця зазнає мільйонних витрат на ці роботи. Ос-

нащення композиційного матеріалу колодок чавунними вставками не позбавляє від зазначених недоліків, але суттєво збільшує вартість таких колодок.

Взимку композиційні колодки в гальмівних системах залізничного рухомого складу мають замінюватися на чавунні для забезпечення надійності роботи гальмівних систем. Адже композиційний матеріал (гумосуміш) змінює свої властивості залежно від температури навколишнього середовища. Змінюється коефіцієнт тертя композиційних колодок з робочою поверхнею коліс транспортних засобів, і відповідно змінюється протяжність відстані гальмування потягів. Внаслідок періодичних коливань температури колодок при гальмуванні потягів у вельми широких діапазонах відбуваються відчутні зміни структури і властивостей композиційного матеріалу (гумосуміші). Взимку при багаторазовому заморожуванні-розморожуванні композиційний матеріал гальмових колодок поступово руйнується. Це також суттєвий недолік композиційних колодок. Але в технічних умовах на гальмові композиційні колодки зазначений аспект свого відображення не знаходить. В нашій статті [11] надано посилання на патент ПА 90373, в якому зазначається, що окрім негативного реагування композиційного матеріалу на дощ, сніг, в процесі експлуатації відбувається поступове вигорання композиційної гумосуміші, в результаті чого гальмова колодка втрачає необхідну жорсткість і працездатність. Чавунні колодки всепогодні.

Одним із основних показників, що визначає механічні (твердість, міцність тощо) і експлуатаційні (коефіцієнт тертя, зносостійкість) властивості чавунів, які використовують для виготовлення гальмових колодок залізничного транспорту, є їх хімічний склад. В таблиці наведено порівняння хімічного складу чавунних колодок типу «М» згідно з ГОСТ 30249-97 для локомотивів і чавунного каркасу колодок гальмівних композиційних також для локомотивів згідно з Технічними умовами ТУ У 30.2-25046274-060:2021.

Наведені у таблиці дані свідчать про наступне. По-перше, відзначимо, що хімічний склад чавуну каркаса композиційної колодки є, схоже, спробою спрощення і узагальнення хімічного складу чавуну з пластинчастим графітом усіх його марок, представлено у ДСТУ 8833-2019. Але, якщо у ДСТУ 8833-2019 хімічний склад чавуну є жорстко диференційований для різних марок, то в ТУ на композиційні колодки діапазони відсоткового вмісту основних елементів (С, Si, Mn, P) навпаки розширені, що свідчить про зниження вимог до стабільності вмісту хімічних елементів, а, відповідно, і до властивостей чавуну каркаса композиційних колодок. По-друге, у ТУ на композиційні колодки фактично дозволяється присутність у чавуні каркасу колодки домішкових елементів (Cr, Cu, Ni, Mg), які при наявності в суттєвій кількості можуть кардинально впливати на його якість. Наявність цих домішкових елементів у чавуні з пластинчастим графітом не передбачена ні в ГОСТ 30249-97, ані в ДСТУ 8833-2019. Якщо відсотковий вміст зазначених елементів знаходиться на верхній межі (таблиця), а саме, %, Cr = 0,5; Cu = 1,0; Ni =

Хімічний склад чавуну, який використовують у гальмових колодках однакового призначення (для локомотивів)

| Стандарт, Технічні умови                                     | Масова частка елементів, % |         |          |               |                |     |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|----------|---------------|----------------|-----|-----|-----|-----|
|                                                              | C                          | Si      | Mn       | P             | S              | Cr  | Cu  | Ni  | Mg  |
| ГОСТ 30249-97. Колодка «М»                                   | 2,7–3,4                    | 0,7–1,0 | 0,4–0,9  | 0,4–0,9       | не більше 0,20 |     |     |     |     |
| ТУ У 30.2-35046274-060:2021.<br>Каркас колодки композиційної | 2,9–3,8                    | 1,2–3,0 | 0,15–0,9 | не більше ніж |                |     |     |     |     |
|                                                              |                            |         |          | 1,0           | 0,18           | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0,2 |

**Примітка.** Допускається відхилення, %, вмісту елементів у хімічному складі колодки «М»: C  $\pm$  0,1; Si  $\pm$  0,2; Mn  $\pm$  0,1; P – 0,1; S + 0,02.

0,5; Mg = 0,2, то ці елементи вже виконують функцію модифікування чавуну. Такі концентрації Cr, Cu, Ni, Mg нерідко змінюють положення чавуну у його відношенні до евтектичності, впливають на величину вуглецевого еквівалента  $C_{\text{екв}}$  чавуну і на формування його структури, надаючи їй графітизуючий ефект або антиграфітизуючий [13]. При неконтрольованому відсотковому вмісту Cr, Cu, Ni, Mg у складі чавуну вимога ТУ У 30.2-35046274-060:2021, що «графітові включення у даному чавуні повинні мати пластинчасту форму» не завжди буде виконуватися з усіма наслідками щодо впливу на властивості чавуну.

Розрахунки величин вуглецевого еквівалента  $C_{\text{екв}}$  і ступеня евтектичності  $S_{\text{евт}}$  чавунів, хімічний склад яких відповідає визначеному в таблиці, виконували за формулами:

$$C_{\text{екв1}} = C + 0,3\text{Si} + 0,33\text{P} - 0,15\text{Mn} + 0,26\text{S}, \quad (1)$$

$$C_{\text{екв2}} = C + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{P}}{2} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14}, \quad (2)$$

$$S_{\text{евт}} = C / [4,3 - 0,3 (\text{Si} + \text{P})], \quad (3)$$

де C, Si, P, Mn, S, Cr, Ni, Cu, V — вміст (%) вуглецю та інших хімічних елементів у складі чавуну.

Формули (1) і (2) є загальновідомими. Формула (1) була розроблена для оцінки вуглецевого еквівалента і властивостей продукції з чавуну [12, 14]. Формула (2) наведена у ГОСТ 27772-88 «Прокат для будівельних сталевих конструкцій». Для даного аналізу важливо, що ці формули мають різні набори елементів та коефіцієнтів, які відображають їх вплив на властивості сплавів. Розрахунки можливих максимальних, мінімальних і середніх величин вуглецевого еквівалента і ступеня евтектичності чавунів з хімічним складом, наведеним у таблиці, призводять до таких результатів.

Для чавуну з хімічним складом колодки «М» (таблиця) при використанні формули (1) отримали, (%):  $C_{\text{екв1max}} = 3,989$ ;  $C_{\text{екв1min}} = 2,910$ ;  $C_{\text{екв1cp}} = 3,448$ . При використанні формули (2) мали, (%):  $C_{\text{екв2max}} = 4,042$ ;  $C_{\text{екв2min}} = 2,996$ ;  $C_{\text{екв2cp}} = 3,519$ . Розраховані за формулою (3) величини  $S_{\text{евт}}$  дорівнювали:  $S_{\text{евтmax}} = 0,916$ ;  $S_{\text{евтmin}} = 0,680$ ;  $S_{\text{евтcp}} = 0,790$ .

Тут і далі індекси «max», «min» «cp» визначають теоретично можливі максимальне, мінімальне і середнє значення показника.

При визначенні вуглецевого еквівалента чавуну з

хімічним складом каркаса композиційної колодки (таблиця) використовували формулу (2), яка враховує вплив на  $C_{\text{екв}}$  більшої кількості елементів. Отримали, (%):  $C_{\text{екв2max}} = 4,765$ ;  $C_{\text{екв2min}} = 3,664$ ;  $C_{\text{екв2cp}} = 3,8657$ . При розрахунках за формулою (3) маємо:  $S_{\text{евтmax}} = 1,226$ ;  $S_{\text{евтmin}} = 0,797$ ;  $S_{\text{евтcp}} = 0,994$ .

Гістограми розподілу величин вуглецевого еквівалента, розрахованих з використанням методу Монте-Карло для умов випадкових значень вмісту усіх елементів в межах діапазонів їх вмісту у складі чавуну, представлені на рис. 1. Гістограми розподілу величин ступеня евтектичності — на рис. 2. При виконанні цих розрахунків вважали, що розподіли вмісту кожного елемента в межах їх визначених діапазонів підпорядковані нормальному закону Гаусса. Приймали, що мінімальні значення вмісту P, S, Cr, Cu, Ni, Mg у таблиці дорівнюють 0,01 %.

Результати розрахунків вуглецевого еквівалента і ступеня евтектичності чавунів, хімічний склад яких наведено у таблиці, і гістограми, що представлені на рис. 1 і 2, засвідчили наступне. По-перше, діапазони розкиду величин  $C_{\text{екв}}$  і  $S_{\text{евт}}$  розраховані з врахуванням ймовірнісного підходу щодо формування вмісту кожного елемента у хімічному складі чавунів, помітно вужчі (рис. 1 і 2) різниці між теоретично можливими максимальними і мінімальними значеннями величин цих показників. По-друге, розрахунки за формулою (2) призводять до дещо більших значень  $C_{\text{екв}}$ , ніж за формулою (1). Але ця різниця відносно мала. Величини вуглецевого еквівалента і ступеня евтектичності чавуну, виплавленого за вимогами до хімічного складу відповідно до ТУ У 30.2-35046274-060:2021, суттєво вищі, ніж величини цих показників чавуну з хімічним складом згідно з ГОСТ 30249-97 (таблиця). Особливо це стосується діапазону розкиду величини ступеня евтектичності чавуну (рис. 2).

Згідно з наведеними вище розрахунками чавун, з якого виготовляють гальмові колодки за вимогами ГОСТ 30249-97, відповідно до класичних теоретичних уявлень [13] відносять до чавунів доевтектичного класу з усіма його особливостями. Такий висновок підтверджують величини вуглецевого еквівалента ( $C_{\text{екв}} < 4,26$ ) і ступеня евтектичності ( $S_{\text{евт}} < 1$ ). Чавун, хімічний склад якого відповідає вимогам ТУ У 30.2-35046274-060:2021 (таблиця), може бути в різних партіях доевтектичним, евтектичним і заевтектичним, залежно від величин  $C_{\text{екв}}$  і  $S_{\text{евт}}$ . Відповідно, що розміри і форма графітових включень в структурі різних партій-плавов такого чавуну, його міцність і твердість

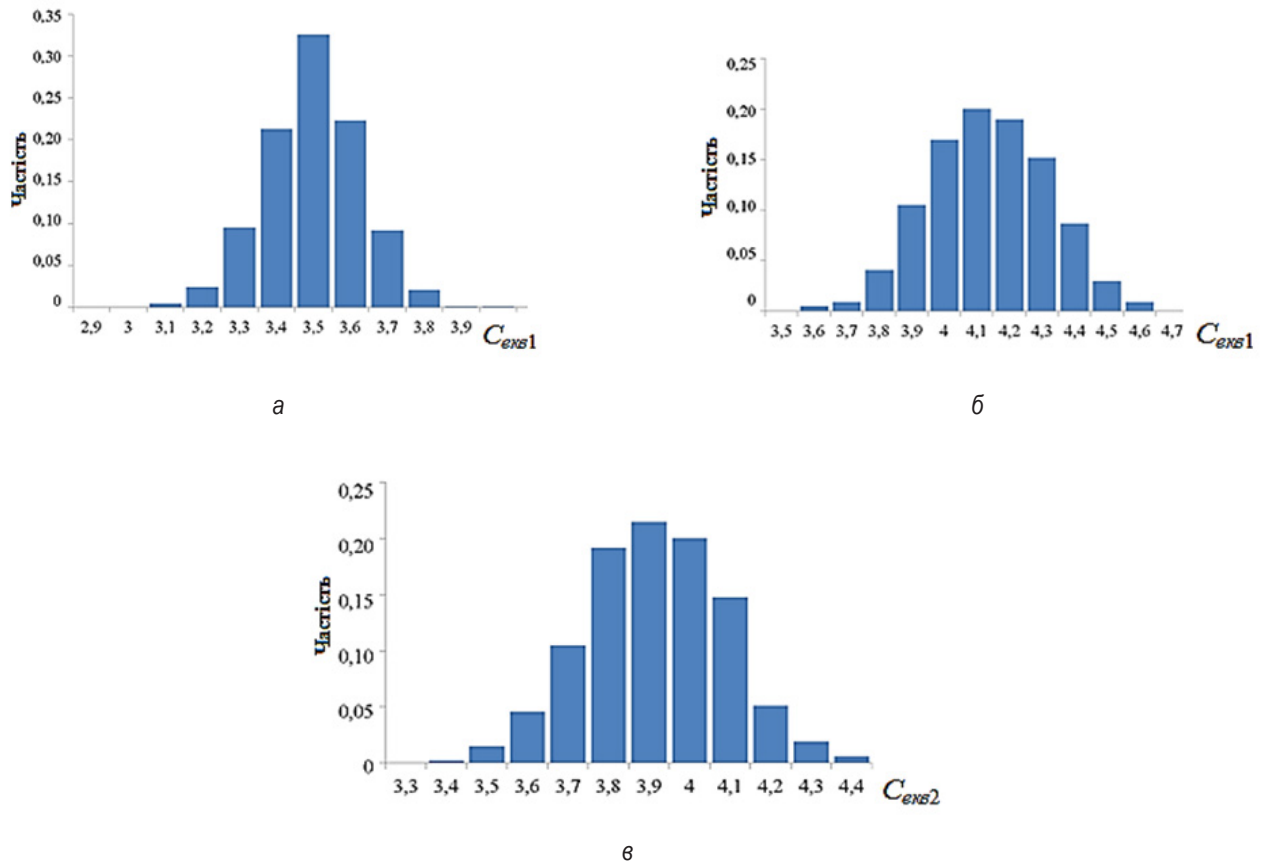


Рис. 1. Гістограми розподілу величини (%) вуглецевого еквівалента  $C_{\text{екв}}$  чавуну: а — для виготовлення колодки «М» згідно з ГОСТ 30249-97; б, в — каркасу композиційної колодки згідно з ТУ У 30.2-35046274-060:2021. Хімічний склад чавуну представлено у таблиці. Позначено:  $C_{\text{екв1}}$  — розрахунок за формулою (1);  $C_{\text{екв2}}$  — за формулою (2)

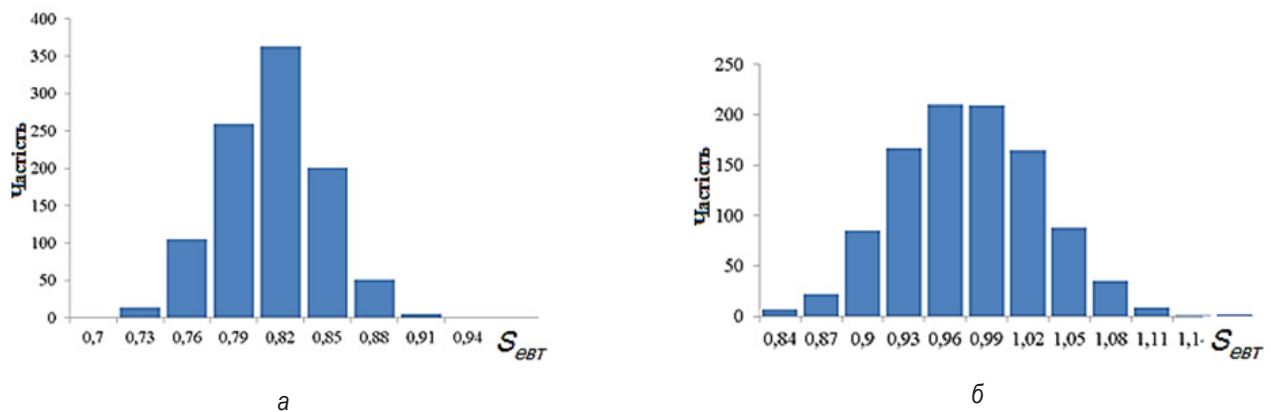


Рис. 2. Гістограми розподілу величини ступеня евтектичності  $S_{\text{евт}}$  чавуну: а — для виготовлення гальмових колодок «М» згідно з ГОСТ 30249-97; б — каркасу композиційних колодок згідно з ТУ У 30.2-35046274-060:2021. Хімічний склад чавуну представлено у таблиці

не будуть однаковими (15, с. 152—155). Все це буде негативно відобразитися на стабільності механічних і експлуатаційних властивостей гальмових колодок у цілому.

На рис. 3 представлені показники твердості і міцності чавуну з пластинчастим графітом, про який йдеться в ТУ У 30.2-35046274-060:21, залежно від його ступеня евтектичності. Базою для розрахунків, результати яких надані на рис. 3, були дані хімічного складу і механічних властивостей сірого чавуну згідно

з ДСТУ 8833:2019. Розрахунки ступеня евтектичності чавуну виконали з припущенням, що розподіл вмісту кожного елемента в межах діапазону його величин, передбачених цим ДСТУ, відповідає нормальному закону Гаусса. При цьому в кожному прикладі вміст елементів у складі чавуну визначали в ймовірнісному підході із застосуванням методу Монте-Карло. Кількість варіантів розрахунків кожного прикладу складала 1000. Ступінь евтектичності чавуну розраховували за формулою (3). По осі абсцис наведені

середні значення величини ступеня евтектичності з масивів даних.

Графіки на рис. 3 свідчать, що з підвищенням ступеня евтектичності чавунів з пластинчастим графітом, хімічний склад яких відповідає ДСТУ 8833:2019, його твердість і міцність знижується. Такий ефект пояснюють в технічній літературі [15, с. 154] формуванням маломічної феритної матриці та утворенням великої кількості пластинчастого графіту. В нашому аналізі хімічний склад чавуну відповідає вимогам ТУ У 30.2-35042674-060:2021. Тому важливо підкреслити, що в разі збереження тенденції зниження  $HB$  і  $\sigma_B$  при підвищенні  $S_{евт}$  (рис. 3), то при перевищенні одиниці ступеня евтектичності  $S_{евт}$  чавуну його твердість  $HB$  навіть при товщині виливка 30 мм може бути меншою, ніж 180. Тобто твердість  $HB$  чавуну вийде за межі діапазону 180...260, передбаченого в названих Технічних умовах на колодки гальмові композиційні для локомотивів, що свідчить про суттєву неузгодженість вимог до хімічного складу (таблиця) та твердості за Брінеллем чавуну каркасу цих колодок.

Матеріали для виготовлення гальмових колодок постійно удосконалюються і будуть змінюватися в перспективі. Цей процес стосується як чавунних, так й композиційних гальмових колодок. Будуть удосконалюватися також стандарти і технічні умови на гальмові колодки [5]. Головне, щоб прогрес і еволюційні зміни відбувалися у правовому полі, а технічні умови на колодки з композиційного матеріалу відповідали законодавству України, як і колодки з чавуну та інших матеріалів.

У вигляді прикладів розглянемо покращення (вдосконалення), що внесені до ТУ У 23.9-35046274-053:2015 «Колодка гальмова композиційна з чавунними вставками для залізничного транспорту. Технічні умови (змін № 3)» і до ТУ У 30.2-35046274-059:2016 «Колодка гальмівна композитна з чавунними вставками для моторвагонного рухомого складу. Технічні умови (змін № 1)». Зміни № 3 були затверджені у січні 2020 року (повідомлення № 35046274.03-19). Зміни № 4 (повідомлення № 35046274.01-22) — 17.10.2022 р. Ці документи за більшістю пунктів дублюють один одного.

Незважаючи на те, що вказані ТУ були прийняті ще у 2015—2016 роках, зміни № 3 і № 1 до них не посилюють рівень технічних вимог до колодок гальмових з чавунними вставками. Більше того, за деякими пунктами вимоги до названої продукції у цих змінах до ТУ послаблені. Так, в їх тексті суто формально вказано, що композиційний матеріал не повинен містити азбест, важкі метали, такі як свинець, цинк та їх сполуки. Виходячи з такої логіки, в наведений, нічого не значущий текст, можна додати назви ще півсотні елементів з періодичної таблиці для імітації ґрунтовності документа. Важливо інше. Згідно зі змінами до ТУ в композиційному матеріалі допускається вміст синтетичних каучуків, смол, фрикційних добавок, мінеральних та органічних волокон невідомого складу і властивостей. Відсотковий вміст якихось неназваних смол, добавок, волокон,

що допускаються у композиційній гумосуміші, схоже, умисно не вказано. Не вказано, що це за речовини та який хімічний склад вони мають. Більше того, згідно зі змінами до вказаних Технічних умов допускається використання у виробництві композиційних колодок іншої (невідомо якої) сировини за умови, що її якісні показники (невідомо які саме показники) бу-

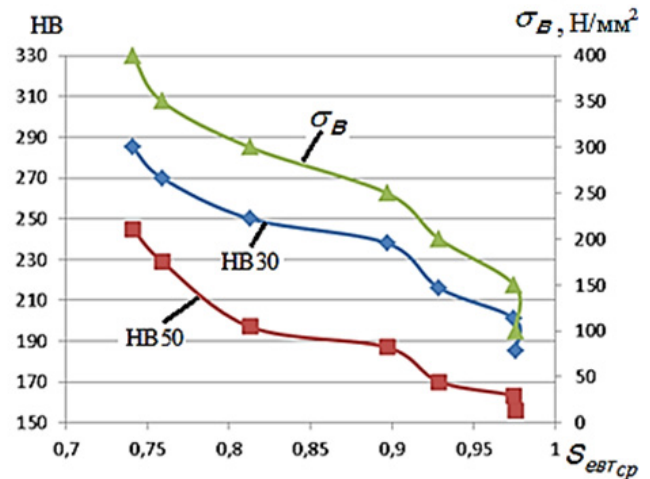


Рис. 3. Залежність границі міцності під час розтягування  $\sigma_B$  і твердості  $HB$  від величини середнього значення ступеня евтектичності  $S_{евт,ср}$  чавунів з пластинчастим графітом відповідно до ДСТУ 8833:2019. Позначено:  $HB_{30}$  — твердість при товщині виливка не більше 30 мм;  $HB_{50}$  — при товщині не більше 50 мм

дуть аналогічні визначенням вище. Тобто фактично допускається використання сировини невідомого і не регламентованого в Технічних умовах складу.

Показовим прикладом ігнорування вимог законодавства України щодо необхідності жорсткого визначення відсоткового вмісту компонентів у композиційному матеріалі та їх хімічного складу є п. 1.3.7.3. ТУ У 30.2-35046274-060:2021. Цитуємо: «До складу композиційного матеріалу шифру Tr130 входять наступні групи сировини: каучуково-смоляна основа (каучук СКН, смола СФП-011Л) — 15 ÷ 20 %мас.; сірка та вулканізуючі агенти — 1 ÷ 2 %мас.; армуючі мінеральні та синтетичні волокна — 15 ÷ 20 %мас.; металеві наповнювачі — 10 ÷ 15 %мас.; тверді лубриканти (графіт і сульфід металів) — 20 ÷ 25 %мас.; інертні наповнювачі — 18 ÷ 39 %мас. Очевидно, що з технічної точки зору це імітація інформації, оскільки немає ніяких даних про типи, марки, властивості вулканізуючих агентів, армуючих волокон, наповнювачів, лубрикантів тощо. Немає хімічного складу цих речовин. Відверто кажучи, можна вважати, що подібна інформація є прихованим ухиленням від регламентації конкретного відсоткового вмісту компонентів композиційного матеріалу та їх хімічного складу. Загалом імітацією виконання вимог ГОСТ 2.114-95.

Таким чином, зазначені зміни до діючих Технічних умов і нові Технічні умови на колодки гальмівні композиційні з чавунними вставками повною мірою ігнорують вимоги законодавства України, саме ГОСТ

2.114-95 щодо обов'язкового визначення в технічних умовах на будь-яку продукцію хімічного складу матеріалу, з якого продукція, вироби мають виготовлятися.

У змінах до Технічних умов підкреслено, що колодки, які будуть виготовляти за цими ТУ, не токсичні, вибухобезпечні й не чинитимуть шкідливого впливу на організм людини. Ці запевнення, обіцянки є голосливими, оскільки залишається невідомим відсотковий вміст і хімічний склад компонентів композитної гумосуміші, матеріалу, з якого колодки виготовлені. Причому навіть у цих змінах до ТУ акцентовано, що при експлуатації колодок в повітря робочої зони можливо виділення продуктів зносу композиційного матеріалу у вигляді шкідливих речовин (вуглеводнів, фенолу, формальдегіду, аміаку тощо). Тобто підтверджуються наведені у статтях [8, 10 та ін.] факти, інформація про шкідливість для людей і довкілля композиційних гальмових колодок, бо приховувати цю інформацію вже неможливо.

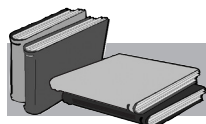
Висловлені вище судження і висновки не стосуються технічних умов і продукції якогось конкретного виробника гальмових колодок чи окремого підприємства, організації, суб'єкта стандартизації. Сформульована позиція узагальнює аналітичні та експериментальні дослідження, практичний досвід у сфері, що розглядається, і представляє загальне бачення проблеми. Виправити в технічних умовах на композиційні гальмові колодки вищенаведені недоліки і порушення законодавства України зовсім нескладно. Необхідно внести реальні зміни позитивного напрямку до технічних умов на композиційні гальмові колодки, в яких регламентувати відсотковий вміст компонентів та їх хімічний склад у композиційному матеріалі. Виробники колодок мають відпрацьовані рецептури композиційних матеріалів різного типу і досвід прийняття змін до ТУ. Тому задача внесення змін до ТУ на гальмові композиційні колодки не є складною для забезпечення вимог ГОСТ 2.114-95, а її вирішення однозначно підвищить економічну ефективність діяльності усіх залізниць України й посилить безпеку, зокрема санітарно-епідеміологічну та екологічну в державі. Такий захід буде відповідати положенням статей 4 і 16 Закону України «Про стандартизацію» і намірам України довести стандарти і технологічні умови у сфері, що розглядається, до європейського рівня.

### Висновки

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.

Для підвищення якості гальмових чавунних колодок залізничного транспорту рекомендується в стандартах на цю продукцію передбачити зниження відсоткового вмісту сірки у чавуні до рівня «не більше 0,05 %». Також передбачити обов'язкову дробоструменеву обробку поверхні колодок для виявлення можливих дефектів на їх поверхні.

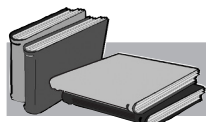
В технічних умовах на композиційні колодки не регламентовано інгредієнти, з яких складається композиційний матеріал, кількість в ньому різних речовин, їхній хімічний склад, міцність на злам тощо, чим порушується законодавство України у сфері стандартизації. Споживачі композиційних колодок позбавлені можливості контролювати (перевіряти) вміст компонентів та їх хімічний склад у композиті. Зношування композиційного матеріалу гальмових колодок супроводжується викидами отруйних речовин у навколишнє середовище. Внаслідок шкідливості та небезпечності композиційних колодок для пасажирів і персоналу залізниці використання їх має бути припинено до регламентації хімічного складу композиційного матеріалу колодок в технічних умовах. Зміни до діючих нині Технічних умов на гальмові колодки композиційні з чавунними вставками, що прийняті в останні роки, не підвищили рівень вимог до цієї продукції.



## ЛІТЕРАТУРА

1. 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>
2. Попов Е.С., Мазур В.Л., Шинський О.И. Удосконалення ливарного виробництва в Україні. *Литве. Металургія, 2021. Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Литве-2021»*. Запоріжжя, 2021. С. 160—164.
3. Мазур В.Л., Найдек В.Л., Попов Є.С. Характеристика чавунних і композиційних колодок для рухомого складу залізниці в Україні. *Литве. Металургія, 2021 Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Литве-2021»*. Запоріжжя, 2021. С. 118—122.
4. Неижко И.Г., Найдек В.Л., Гаврилюк В.П. Тормозные колодки железнодорожного транспорта: монография. Киев: ФТИМС НАН Украины, 2009. 121 с.
5. Сіренко К.А. Удосконалення нормативно-технічної документації на ливарні вироби з чавуну. *Процеси лиття*. 2021. № 3 (145). С. 69—76. <https://doi.org/10.15407/plit2021.03.069>
6. Мазур В.Л. Проблеми та перспективи розвитку стандартів на гальмові колодки залізничного транспорту. *Матеріали 82-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту»*. Дніпро. УДУНТ. 20—21 квітня 2023. С. 288—290.
7. 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.
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, Е.А. Потапов, О.М. Третьяков, С.Г. Міхалькова. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2022. № 1 (67). С. 7—18. 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.
9. 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>
10. Равлюк В.Г. Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах. Харків. *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2016. № 49 (1221). С. 119—123.
11. Сиренко Е.А. Особенности литейного чугуна для тормозных колодок железнодорожного транспорта. *Литье и металлургия*. 2022. № 1. С. 43—48. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-43-48>
12. Сіренко К.А., Мазур В.Л. Визначення вуглецевого еквівалента і ступеня евтектичності чавуну в ливарному виробництві. *Процеси лиття*. 2023. № 1 (151). С. 20—34. <https://doi.org/10.15407/plit2023.01.020>
13. Гиршович Н.Г. Справочник по чугунному литью. Л.: Машиностроение, 1978. 758 с.
14. Баженов В.Е., Пикунов М.В. Определение углеродного эквивалента чугунов с помощью программы thermo-calc. *Изв. вуз. Черная металлургия*. 2011. № 11. С. 20—23.
15. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. Москва: Машиностроение, 1984. 432 с.

Надійшла 16.08.2023



## REFERENCES

1. 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].
2. Popov, E.S., Mazur, V.L., Shinsky, O.I. (2021). 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., Naidek, V.L., Popov, Ye.S. (2021). Characteristics of cast iron composite pads for railway rolling stock in Ukraine. *Casting. Metallurgy, 2021. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference "Casting-2021"*. Zaporizhzhia, 118—122 [in Ukrainian].
4. Neizhko, I.G., Naydek, V.L., Gavrilyuk, V.P. (2009). Railway brake pads. Kyiv [in Russian].
5. Sirenko, K.A. (2021). Improvement of regulatory and technical documentation for foundry fabrics. *Casting processes*, 3(145), 69—76. <https://doi.org/10.15407/plit2021.03.069> [in Ukrainian].
6. Mazur, V.L. (2023). Problems and prospects of the development of standards for railway brake pads. *Abstracts of the 82 International Scientific and Practical Conference "Problems and prospects of the railway transport development"*. Dnipro. UDUNT. 20—21 April 2023, 288—290 [in Ukrainian].

7. Mazur, V.L., Sirenko, K.A. (2022). 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*, 3(134), 5—14 [in Ukrainian].
8. Shafran, L.M. (2022). 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*, 1(67), 7—18. 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*, 2(68), 15—26 [in Ukrainian].
9. 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].
10. Ravluyk, V.G. (2016). Analysis of negative consequences of non-normative interaction of brake pads with wheel pairs in freight cars. Kharkov. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes*, 49(1221), 119—123 [in Ukrainian].
11. Sirenko, E.A. (2022). Features of cast iron for railway brake pads. *Foundry production and metallurgy*, 1, 43—48. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2022-1-43-48> [in Russian].
12. Sirenko, K.A., Mazur, V.L. (2023). Definition of carbon equivalent and degree of eutecticity of cast iron in foundry production. *Casting processes*, 1(151), 20—34. <https://doi.org/10.15407/plit2023.01.020> [in Ukrainian].
13. Girshovich, N.G. (1978). Reference book on cast iron casting. Mashinostroenie [in Russian].
14. Bazhenov, V.E., Pikunov, M.V. (2011). Determination of carbon equivalent of cast irons by means of thermo-calc programme. *Izv. vuz. Ferrous metallurgy*, 11, 20—23 [in Russian].
15. Vozdvizhensky, V.M., Grachev, V.A., Spassky, V.V. (1984). Casting alloys and the technology of their melting in mechanical engineering. Mashinostroenie [in Russian].

Received 16.08.2023

**Summary**

**V.L. Mazur**, Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Chief Researcher, e-mail: [prof.vlm@ukr.net](mailto:prof.vlm@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-8970-5389>

**K.A. Sirenko**, Junior Researcher; e-mail: [thermoexp.metal@gmail.com](mailto:thermoexp.metal@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-2613-8094>

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

## Problematic issues of standardisation of foundry products (on the example of standardisation of railway brake pads)

Using the example of brake pads for railway rolling stock, the article analyses trends and prospects for the development of the regulatory framework (standards, specifications, etc.) for these products made of various materials. A general description of brake pads made of cast iron and composite material (asbestos and asbestos-free rubber compound) is provided without reference to any specific enterprise or plant. The paper summarises the results of analytical and experimental studies and practical experience of using different brake pads in practice. The requirements of technical specifications and standards for railway brake pads made of cast iron and composite material (rubber compound) are compared. The disadvantages of the technical specifications for composite brake pads, including those with cast iron inserts, are the lack of requirements for the percentage of rubber compound components and their chemical composition. This violates Ukrainian law, as the chemical composition of any product must be specified in the technical specifications or product drawings. The article highlights the harmful effects on human health and the environment of wear products of composite brake pads. Areas for improving the regulatory framework for the production of brake pads from various materials, including standards and specifications for these products, include regulation of the percentage of components and their chemical composition in the composite material and possible correction of the ranges of chemical elements in the cast iron used to make cast iron brake pads. It is recommended that when improving standards and specifications for cast iron brake pads, attention be paid to the size and location of the ranges of carbon, silicon, manganese, phosphorus and the reduction of the permissible sulphur content to 0.05 %. In the standards for cast iron brake pads, it is advisable to perform shot blasting to facilitate the detection of possible surface defects in the pads. The requirements of European and other countries' standards for the development of standards for railway brake pads are considered. The technical specifications for railway composite brake pads in force in Ukraine should be identified in accordance with the European Union standards for these products. Attention is focused on urgent measures aimed at improving standards and specifications in this area.

**Keywords**

Standards, brake pads, cast iron, composite material, chemical composition, technical requirements, ecology.