

К. Ф. Боряк /д. т. н./, О. І. Ваганов /д. т. н./,
Л. В. Коломієць /д. т. н./, О. О. Лопатін,
А. Г. Цимбалюк
Одеська державна академія технічного
регулювання та якості

Особливості застосування методики безгирної перевірки для великовантажних платформних вагонних ваг

У статті аналізуються проблеми, які заважають широкому розповсюдженню в Росії та Україні методики безгирної перевірки великовантажних платформних залізничних ваг. Авторами розроблено нові варіанти навантаження вагової платформи і відповідну конструкцію зручного робочого еталонного пристрою під назвою (ЗНКП-60), який пропонується ввести в перевірочну схему для засобів вимірювання маси. Авторами пропонується впровадження ЗНКП-60 замість вагоперевірочних вагонів, які використовують еталонні гири класу M_1 . При цьому навантаження вагової платформи відбувається за допомогою гідравлічних домкратів і баластного вантажу у вигляді завантаженого за нормою залізничного вагона відкритого типу (піввагон), маса якого не змінюється. (Іл. 6. Бібліогр.: 10 назв.).

Ключові слова: зважувальний неавтоматичний калібрувальний пристрій, платформні ваги, методика безгирної перевірки, калібрування великовантажних ваг, еталонні засоби вимірювання.

In article the problems, which prohibit widespread occurrence in Russia and Ukraine techniques of weightless calibration of heavy-load platform railway scales, are analyzed. Authors developed new variants of loading of weight platform and corresponding construction of the convenient working reference device called as WNCD-60, which is suggested to be introduced in the testing scheme for weight gage devices. Authors offer introduction of WNCD-60 instead of scale test car using weights of M_1 class. Thus loading of weight platform happens thanks to the hydraulic jacks and ballast weight in the form of loaded railway car of open type (gondola car), mass of which doesn't change.

Key words: weighing non-automatic calibration device, platform scales, weightless calibration technique, calibration of heavy-load scales, gage standards.

Актуальність дослідження і постановка проблеми

Великовантажні платформні ваги є найбільш поширеним засобом вимірювальної техніки при здійсненні комерційних перевезень залізницею. Технічні характеристики ваг мають відповідати діючим державним стандартам [1; 2], а відповідність метрологічних характеристик визначається при перевірці [3]. При перевірці перевага віддається прямим методам навантаження платформи ваг еталонними гирями або баластними вантажами, бо при цьому з найбільшою точністю відтворюються реальні умови роботи ваг, вдається перевірити вплив всіх джерел похибки на шляху передачі зусиль [4]. Це перетворює перевірку в тривалу та трудомістку операцію, бо потребує багаторазового навантаження вагової платформи. У підсумку для перевірки поширених залізничних ваг з найбільшою межею зважування ($100 \div 120$) т потрібно мати не менше ($50 \div 60$) т гир, які доставляються на місце вагоперевірочним вагоном.

У наш час в Україні спостерігається дефіцит вагоперевірочних вагонів, що призводить до

тривалої затримки у часі та зриву термінів між-перевірочного інтервалу. Крім того, доставка вагоперевірочного вагона до місця перевірки і робота з ним вимагають великих матеріальних витрат і часу. Тому метою дослідження є зниження експлуатаційних витрат і скорочення технологічного часу на проведення операцій перевірки (або калібрування) великовантажних залізничних платформних ваг за рахунок розробки нової конструкції зручного робочого еталону і відповідної методики безгирної перевірки.

Зробимо простий розрахунок і дамо оцінку похибкам. Співвідношення похибок застосованого еталонного засобу (набір гир класу M_1) і робочого засобу вимірювання (вагової платформи) згідно з перевірочною схемою відповідно до вимог [3] має бути в межах 3–5 разів. Допустима абсолютна похибка застосованої еталонної гири класу M_1 масою 2 т дорівнює ± 100 г [5], тому можна вважати:

$$3\sigma = \pm 0,1 \text{ кг,}$$

де σ – середнє квадратичне відхилення (СКО) значення похибки.

Для вагонних ваг з найбільшою межею зважування 100 т необхідна кількість гир вагою по 2 т складає 50 одиниць. Отже, дисперсія величини абсолютної похибки усієї маси (100 т) застосованих гир буде:

$$D(100) = 50 \cdot \sigma^2,$$

а загальна абсолютна похибка 50 одиниць гир для 100 т платформних ваг складе:

$$\Delta = 3 \cdot \sqrt{D(100)} = \sqrt{50} \cdot 100 = 707 \text{ г} \approx 0,7 \text{ кг.}$$

У комерційних взаєморозрахунках при перевезенні вантажів залізницею допускається абсолютна похибка для стотонних вагонних ваг на рівні 50 кг. Ця обставина наштовхує на думку ввести в перевірочну схему інший проміжний робочий еталонний засіб вимірювальної техніки (ЗВТ), який так само може перевірятися за методикою прямого навантаження за допомогою еталонних гир класу M_1 . Важливо, щоб новий робочий еталон ЗВТ мав запас за точністю вимірювання маси (похибку) не менше ніж у 3 рази у відношенні до робочого засобу вимірювання (вагової платформи). Очевидно, що такий еталонний пристрій повинен мати, як мінімум, чотири складових елементи: навантажувальний пристрій; вантажоприймальний пристрій; вагопередавальний пристрій; ваговимірювальний пристрій (силовимірювальний датчик), бажано більш високого класу точності, ніж робочий ЗВТ вагової платформи.

До навантажувального пристрою ставиться вимога стабілізації заданого зусилля протягом часу знімання показань, як з робочого ЗВТ вагової платформи, так із ЗВТ еталонного пристрою. У цьому випадку немає необхідності точно відтворювати розрахункове зусилля. Створення стабільного зусилля, яке відрізняється від розрахункового (розрахункове зусилля – десять рівномірно розподілених навантажень від найменшої до найбільшої межі зважування вагової платформи), до 2 % цілком достатньо. Важливо, щоб і ваги, і еталонний ваговимірювальний пристрій були навантажені однаково. Відхилення вивіреного зусилля від розрахункового застосовується і в існуючій практиці перевірки великовантажних платформних вагонних ваг методом баластних вантажів. Важливою особливістю навантажувального пристрою є вимога витримування якомога меншого кута відхилення навантажувального зусилля від вертикалі. Конструкція навантажувального пристрою не повинна мати дуже високу жорсткість. У той же час при малій жорсткості може бути не достатньо ходу штока домкрата для отримання необхідного значення

зусилля навантаження. Конструкція навантажувального пристрою повинна забезпечувати зазначені вище умови.

У зв'язку з жорсткими вимогами до точності силовимірювальних датчиків в еталонному пристрої доцільно розглянути питання про компенсацію систематичної складової похибки, яку вносять силовимірювальні датчики, і зменшення похибки навантажувального пристрою, який передає зусилля навантаження на датчики. Оскільки новий пристрій призначено для перевірки робочого ЗВТ вагової платформи, то з метою компенсації похибки нелінійності можна скористатися градувальною характеристикою силовимірювального датчика нового еталону спільно з аналого-цифровим перетворювачем. Для відображення інформації і результатів вимірювання доцільно використовувати персональний комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням.

При наявності термокамери, що дозволяє проводити калібрування ЗВТ нового еталонного пристрою при різних температурах, можна вводити поправку до отриманих показань відповідно до температури навколишнього середовища під час проведення перевірочних робіт. Таким чином, розробка і проектування конструкції нового еталонного пристрою, що відповідає зазначеним вимогам, є дуже складним завданням.

Аналіз останніх досягнень. Відома російська методика безгирної перевірки для великовантажних платформних вагонних ваг [6], у якій вагову платформу пропонують навантажувати не гирями або баластними масами, а різними навантажувальними механізмами, вимірюючи створюване зусилля ЗВТ (силовимірювальними датчиками) еталонного пристрою, а результати порівнюють із показаннями робочого ЗВТ вагової платформи.

Як один з варіантів, пропонується навантажувати вагову платформу гідроциліндрами. У цьому напрямку ряд відомих виробничих фірм виконали модернізацію конструкції платформних ваг, що включає створення спеціальної рамної обв'язки і посилення фундаменту, що дозволяє створити упор для навантажувального пристрою, встановленого на ваговій платформі і скріпленого із фундаментом тросом через отвір у самій ваговій платформі.

Для кращого зрозуміння методики безгирної перевірки платформних ваг розглянемо всі можливі варіанти навантаження гідроциліндрами вагової платформи (рис. 1–4).

Зробимо аналіз кожної із наведених вище схем.

У разі застосування схеми навантаження вагової платформи на рис. 1 до фундаменту ваг

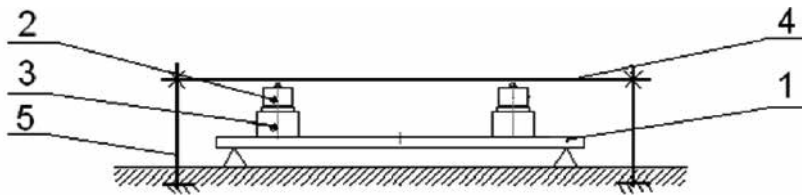


Рис. 1. Схема навантаження вагової платформи без баластного вантажу з використанням гідроциліндрів, встановлених на вагову платформу і конструкційно пов'язаних з фундаментом*

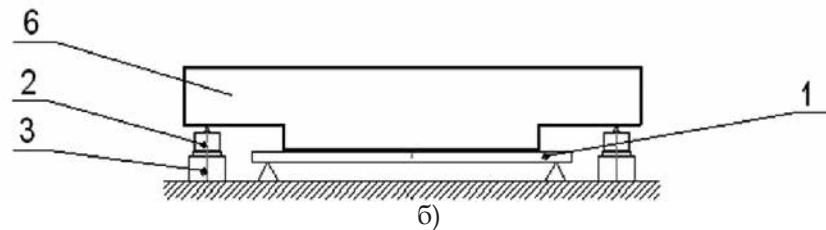
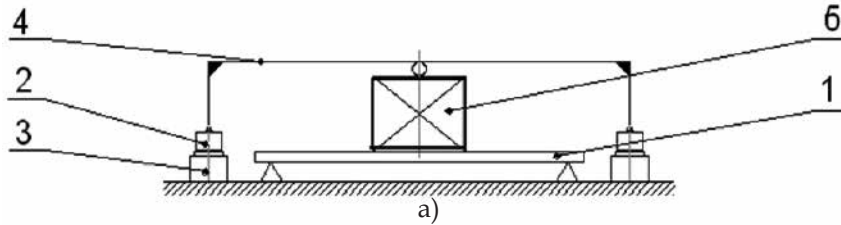


Рис. 2. Схеми варіантів навантаження вагової платформи баластним вантажем з використанням гідроциліндрів, встановлених за межами вагової платформи на сполучених з нею ділянках поблизу фундаменту (дорожнє покриття) або на фундаменті:
а) малогабаритний вантаж; б) великогабаритний вантаж

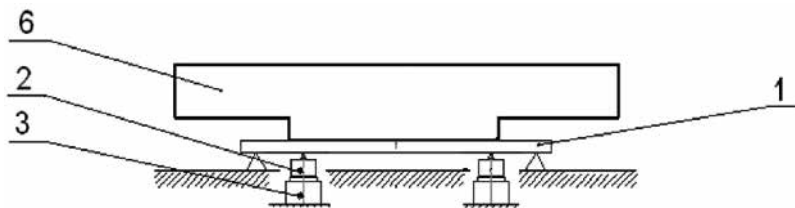


Рис. 3. Схема навантаження вагової платформи баластним вантажем з використанням гідроциліндрів, встановлених під ваговою платформою, які спираються на фундамент ваг або на підстильну основу

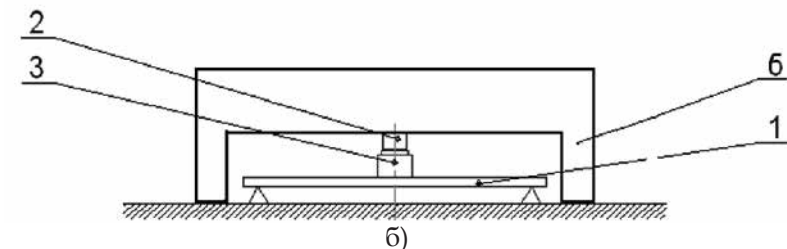
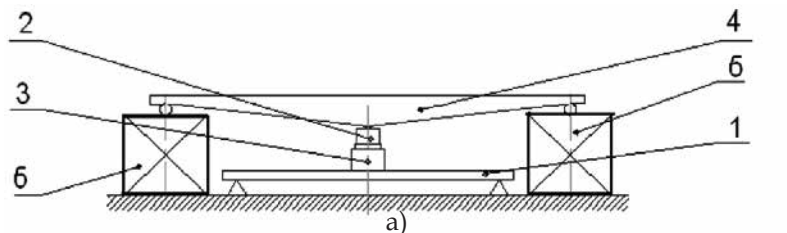


Рис. 4. Схеми варіантів навантаження вагової платформи з використанням гідроциліндрів, встановлених на неї, і баластного вантажу, який спирається за межами вагової платформи на фундамент або поєднані з ним ділянки дорожнього покриття:
а) малогабаритний вантаж; б) великогабаритний вантаж

*Умовні позначення на рис. 1-5: 1 – вагова платформа; 2 – вимірювальний пристрій (датчик); 3 – гідроциліндр; 4 – коромисло; 5 – штанги; 6 – баластний вантаж.

будуть докладені сили, що діють у протилежному напрямку у відношенні до штатного навантаження вагової платформи [4]. При створенні гідроциліндром на вагову платформу навантажувального зусилля підстильна основа, що примикає до нижньої поверхні конструкції фундаменту, залишається розвантаженою (рис. 5).

Це призводить до необхідності значного ускладнення самої конструкції фундаменту і підстильної основи. При такій схемі безгирної перевірки не буде перевірено вплив: податливості вагової платформи, жорсткості опор, ефективності настановної оснастки датчиків на метрологічні характеристики ЗВТ платформних ваг. Цілком очевидне, і з позицій теорії, і з досвіду експлуатації платформних ваг, твердження, що якість фундаменту, підстильної основи, властивості ґрунту, деформації конструкції під навантаженням, здатність силовимірювальних датчиків і технологічної оснастки ваг чинити опір цим деформаціям є найважливішими факторами, які визначають реальну похибку зважування.

У разі застосування схеми навантаження вагової платформи гідроциліндрами на рис. 2 і 3 одночасно в протилежному напрямку під п'ятою самих гідроциліндрів на малій опорній площині виникає велика концентрація сил, що впливають на фундамент або, прилеглі до нього ділянки дорожнього покриття, і це може викликати незворотні деформації фундаменту або підстильної основи, що в підсумку може вплинути як на точність отриманих результатів вимірювання, так і на їх стабільність при повторних випробуваннях. Взагалі практика показує, що

властивості конструкції ваг, фундаменту і підстильної основи, як цілісної механічної системи, умови навантаження ваг, якщо вони не наближені до експлуатаційних, організація дій персоналу при перевірці є визначальними факторами, які впливають на точність отриманих результатів вимірювань.

Розглянута вище російська методика безгирної перевірки має певні недоліки. По-перше, це необхідність значного посилення фундаменту ваг або істотного ускладнення самої металеві конструкції. Зазначені конструкційні складності призвели до того, що загальна вартість нових платформних ваг значно зростає, а для вже існуючих ваг зовсім стає неможливим застосувати відомий метод безгирної перевірки. Неминучість істотного ускладнення конструкції самих ваг призвела до того, що російський метод безгирної перевірки не знайшов поширення ні в Росії, ні в Україні. В обґрунтованих випадках його можна використовувати для діагностики технічного стану чи налагоджування окремих складових вагового терміналу.

Запропоноване технічне рішення

Нами розроблено нову конструкцію робочого еталонного пристрою, який отримав назву «Зважувальний неавтоматичний калібрувальний прилад з найбільшою межею зважування 60 т (ЗНКП-60)» і який може на практиці замінити вагоперевірочний вагон, укомплектований гирями класу M_1 для перевірки двосекційних платформних вагонних ваг. ЗНКП-60 являє собою розбірну металеву конструкцію, в яку вмонтовано гідравлічні домкрати і тензометричні датчики, яка монтується між баластовим

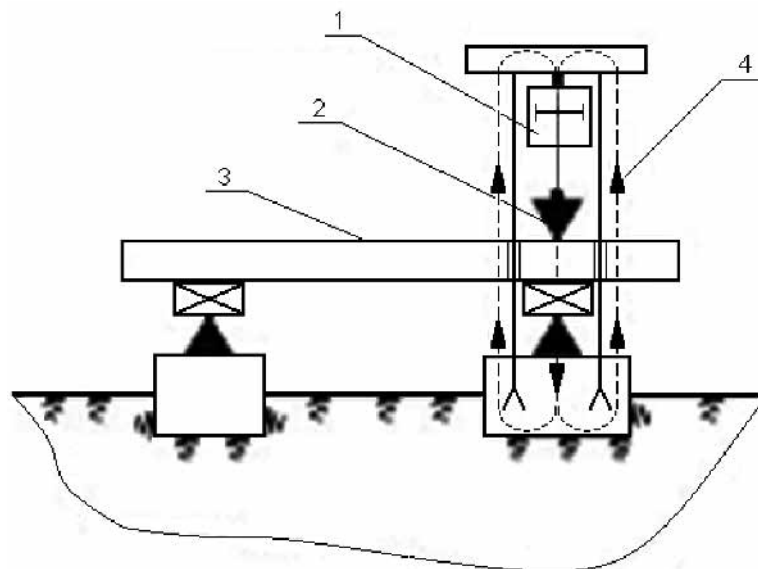


Рис. 5. Потік навантажувальних зусиль на вагову платформу і конструкцію фундаменту, створених гідроциліндрами, розміщеними на ваговій платформі

вантажом (наприклад, навантаженим залізничним вагоном відкритого типу «піввагон») і ваговою платформою таким чином, що навантажувальні зусилля від гідравлічних домкратів передаються вертикально на залізничні рейки вагової платформи, далі на саму конструкцію платформи, фундамент і підстильну основу. Схему навантаження вагової платформи баластним вантажем наведено на рис. 4. Колісні пари вантажного вагона розміщуються за межами вагової платформи на під'їзній і міжплатформній ділянках рейкового полотна таким чином, щоб навантаження від колісних пар візків не передавалося на вагову платформу (рис. 6).

Перевірки ваг за допомогою ЗНКП-60 здійснюється методом порівняння з використанням будь-якого баластного вантажу, навантаженнями, рівними значеннями маси, рівномірно розподіленими у всьому діапазоні зважування, при цьому розрахункові значення перевірочних точок можуть не збігатися з округленими значеннями з набору гир класу M_1 . Технічний результат досягається завдяки тому, що сама металева конструкція, в яку вмонтовано гідравлічні домкрати і тензOMETричні датчики, не має конструкційного зв'язку ні з ваговою платформою, ні з фундаментом, ні з підстильною основою, ні з навколишнім дорожнім покриттям, прилеглим до зазначених елементів конструкції ваг. Завдяки чому забезпечується:

- адекватність відтворення експлуатаційного навантаження ваг при перевірці (калібруванні);
- неможливість виникнення будь-яких деформацій в елементах конструкції ваг і вико-

ристовуваного залізничного піввагона при проведенні операцій з калібрування (перевірки);

- стабільність отриманих результатів вимірювання при повторенні операцій;
- зменшення часу на проведення технологічних операцій завдяки відсутності необхідності в переміщенні вантажопідіймною технікою еталонних гир;
- зменшення загальної вартості робіт з калібрування (перевірки) завдяки відсутності необхідності в залученні до проведення робіт вагоперевірочного вагона з еталонними гирями і вантажопідіймною технікою.

Розроблений нами зважувальний неавтоматичний калібрувальний прилад відповідає вимогам технічного регламенту України [7], який розроблений на основі положень Директиви 2009/23/ ЄС, щодо неавтоматичних приладів для зважування. Зважувальний неавтоматичний калібрувальний прилад відповідає вимогам [3] в частині, яка стосується еталонних засобів вимірювання маси. Для вимірювання зусиль у режимі «розтягнення/стиснення» використовується силовий міст з трьох балкових тензOMETричних датчиків марки ZEMIC H8C класу точності S_3 з номінальним навантаженням 2000 кг. Загальна кількість датчиків, встановлених у ЗНКП-60, дорівнює 36 одиницям. Згідно з п. 1.2 ДСТУ OIML R 60 рекомендацій [8; 9] похибки застосованих у ЗНКП-60 усіх 36 тензOMETричних датчиків мають розглядатися у купі, якщо експлуатаційні характеристики цих датчиків віднести до конверту допущених похибок. Визначати індивідуальну похибку для таких характе-

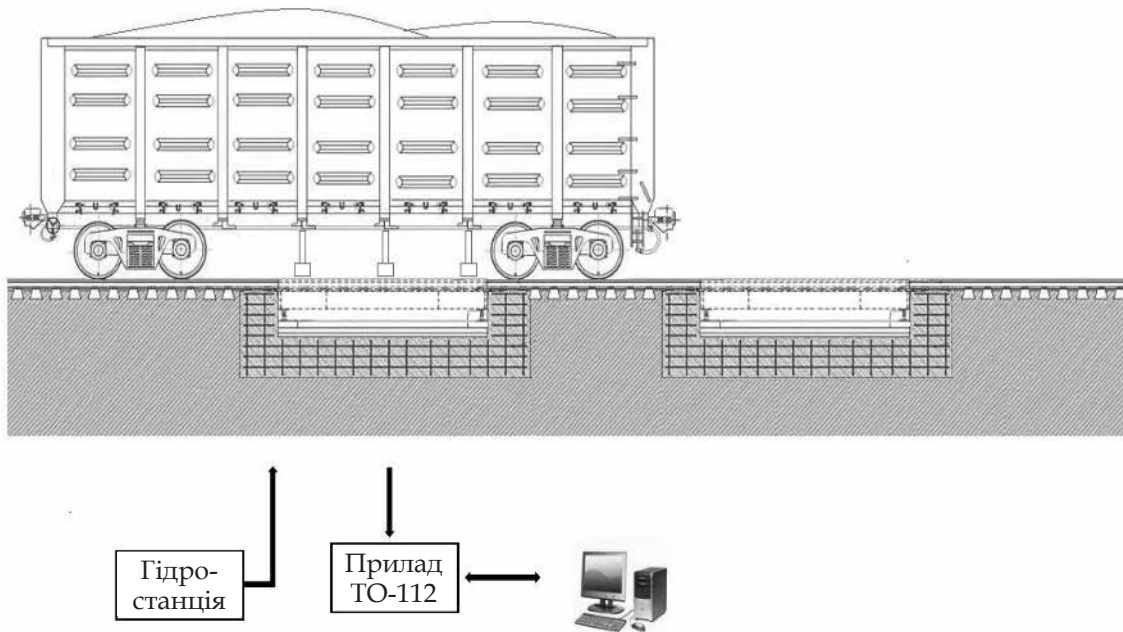


Рис. 6. Схema взаємного розташування складових елементів мобільного пересувного вимірювального еталонного комплексу при виконанні робіт з перевірки (калібрування) платформних ваг

ристик, як нелінійність і гістерезис, вважається необов'язковим. Потрібно розглядати конверт похибок тензOMETричних датчиків як обмежувачий фактор. Застосування концепції конверту похибок дозволяє збалансувати індивідуальні складові похибки для всього вимірювання, досягаючи при цьому окресленого кінцевого результату. Звідси випливає, що згідно з вимогами [10] межа загальної абсолютної похибки пристрою ЗНКП-60 дорівнює $\pm 25,19$ кг, та може бути знижена за рахунок підвищення класу точності датчиків до $\pm 15,12$ кг.

Таким чином, наш пристрій ЗНКП-60 із датчиками класу точності S_5 цілком відповідає вимогам [10] щодо точності вимірювання маси та може використовуватися як робочий еталон для перевірки платформних вагонних ваг, оскільки величина похибок, допущених при використанні самих ваг, у 3,3 рази перевищує аналогічний показник у разі застосування пристрою ЗНКП-60, що відповідає вимогам діючого державного стандарту [3].

Для перевірки самого пристрою ЗНКП-60 використовуються еталонні гирі класу M_1 в кількості 30 одиниць із перевищенням у 5,2 разу відношення похибок пристрою ЗНКП-60 до еталонних гир класу M_1 .

Висновки

З появою конструкції нового робочого еталонного пристрою ЗНКП-60 стає можливим впровадження методики безгирної перевірки (або калібрування) великовантажних платформних вагонних ваг в експлуатації без додаткових фінансових витрат на їх модернізацію, та значно скорочуються експлуатаційні витрати та час на цю технологічну операцію.

Бібліографічний список

1. ДСТУ EN 45501 Прилади автоматичні зважувальні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
2. ГОСТ 29329 Ваги для статичного зважування. Загальні технічні вимоги.
3. ГОСТ 8.453 ГСИ Весы для статического взвешивания. Методы и средства поверки.
4. Кудрявцев А. Г. Организационно-методические принципы обеспечения точности взвешивания при настройке и поверке большегрузных весов [Электронный ресурс] / А. Г. Кудрявцев, М. В. Сенянский // Сайт весоизмерительной компании «Тензо-М». – Режим доступа: <http://www.tenso-m.ru/publications/90/>.
5. ДСТУ 111-1 (OIML R 111-1, IDT) Гирі класів точності $E_1, E_2, F_1, F_2, M_1, M_2, M_{2,3}, I M_3$. Ч. 1. Загальні технічні вимоги та методи випробування.
6. МИ 2520-99 «Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Весы электромеханические большегрузные. Методика поверки. Госстандарта России».
7. Технічний регламент неавтоматичних зважувальних приладів. Постанова КМУ від 11.03.2009 № 190.
8. Erratum to OIML R 60(E) (Edition 2000) International recommendation. Metrological regulation for load cells.
9. ДСТУ OIML R 60:2010 Датчики навантаження (ваговимірювальні). Метрологічні норми та методи випробування (OIML R 60:2000, IDT).
10. ГОСТ 30129-96 Датчики весоизмерительные тензорезисторные. Общие технические требования.

Поступила 18.12.2015

Metallurgical and Mining Industry

www.metaljournal.com.ua