

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНО-ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ ВАГОВИХ ПРИБОРІВ З МАГНІТНИМ ВУЗЛОМ СИЛОВВЕДЕННЯ

© Кім Богдан, Микола Слажнєв, 2013

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,
бул. Вернадського, 34/1, 03680, м. Київ – 142, Україна.

Проаналізовано сучасні тензометричні ваги стосовно збереження їх метрологічних показників при експлуатації в умовах дії випадкових або систематичних дестабілізуючих факторів. Наведено конструктивно-функціональні схеми розроблених пружно-тензометричних вагових пристроїв з магнітним вузлом силовведення. Представлено результати експериментальних досліджень цих пристроїв на фізичних моделях. Дано рекомендації щодо вибору раціональних параметрів вузла силовведення з урахуванням умов експлуатації.

Выполнен анализ современных тензометрических весов относительно сохранения их метрологических показателей при эксплуатации в условиях случайных или систематических дестабилизирующих факторов. Приведены конструктивно-функциональные схемы разработанных упруго-тензометрических весовых устройств с магнитным узлом силовведения. Представлены результаты экспериментальных исследований этих устройств на физических моделях. Даны рекомендации по выбору рациональных параметров узла силовведения с учетом условий эксплуатации.

The analysis of modern tensometric balance in relation to saving of its metrological indexes during exploitation in the conditions of accidental or systematic destabilizing factors executed. The structural-functional schemes of the developed resilient- tensometric weighting devices with the magnetic strength module are resulted. The results of experimental researches of its devices on physical models presented. Recommendations on the rational parameters choice for strength module taking into account external environments are given.

1. Вступ. Надійність сучасних тензометричних вагів багато в чому залежить від умов їх експлуатації. Так, наприклад, в технологічних процесах металургії, ливарного виробництва та деяких інших мають місце різноманітні дестабілізуючі фактори, які негативно впливають на метрологічні показники вагів, а в деяких випадках виводять їх з ладу. Це призводить до порушень технологічного процесу, а отже до погіршення якості продукції. Тому створення нових і удосконалення існуючих вагових пристроїв, призначених для використання у важких умовах виробництва, є актуальним завданням.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тензометричні ваги є найбільш поширеними засобами вимірювання маси матеріалів в багатьох технологічних процесах. Особливо важкі умови експлуатації таких вагів в процесах дозування кускових, сипучих матеріалів і металевих розплавів в металургійних технологічних процесах [1–4]. Так звані «чисті» тензометричні ваги, в яких сила, яка створена масою вантажу, що зважується, діє безпосередньо на три або чотири тензометричні датчики, які розміщені під резервуаром (бункером) чи платформою відповідно, поряд з високими метрологічними характеристиками мають порівняно низьку перевантажувальну здатність. Згідно з даними провідних зарубіжних вагобудівних фірм допустиме статичне перевантаження таких вагів складає 150 %, а пікове перевантаження – 300 % від найбільшої межі зважування (НМЗ), що обмежує їх застосування в деяких металургійних процесах [2]. До цих процесів відносяться, наприклад, зважування і дозування кускових і, особливо, крупнокускових шихтових матеріалів, коли мають місце систематичні або випадкові ударні навантаження на силовимірювальні датчики вагів, які перевищують допустимі пікові перевантаження. При дозуванні сипучих матеріалів і металевих розплавів в умовах металургійних виробництв також можливі випадкові ударні збурення та знакозмінні або вібраційні навантаження, що призводить до похибок зважування і дозування.

Існують різноманітні методи і засоби захисту тензометричних вагів від перенавантажень, одним з яких є застосування механічних обмежувачів (упорів) [5]. Враховуючи, що пружні елементи тензометричних датчиків мають велику жорсткість, їх деформації при навантаженні незначні. Це ускладнює регулювання повітряного зазору між вантажоприймальною платформою і обмежувачами.

Установлено, що найбільш ефективно підвищення ударостійкості, а отже і надійності тензометричних вагів, може бути досягнуто шляхом створення гібридних конструкцій силовимірювального механізму (СМ), які забезпечують поглинання кінетичної енергії удару до силового входу силовимірювальних датчиків. Однією з таких конструкцій є пружинно-тензометричний СМ, розроблений у Фізико-технологічному інституті металів та сплавів НАН України (ФТІМС), який реалізує спосіб подвійного перетворення сили, створеної масою вантажу, що зважується, в електричний сигнал [6]. Цей спосіб передбачає перетворення сили F , створеної масою m_v вантажу, у лінійне переміщення δ_Σ центра жорсткості пружно підвішеної вантажоприймальної платформи, перетворення δ_Σ в силу F_n за допомогою передавального пружного елемента і введення її на силовий вхід силовимірювального датчика, вихідний сигнал котрого пропорційний m_v вантажу.

Важливою конструктивною особливістю СМ пружинно-тензометричних вагів є використання в ньому одного силовимірювального датчика (замість чотирьох) з набагато меншим, за інших рівних умов, номінальним навантаженням, що помітно зменшує вартість таких вагів порівняно з «чистими» платформеними вагами на чотирьох тензометричних датчиках.

3. Формулювання цілей статті. Основною метою даної роботи є удосконалення конструкції вузла силовведення СМ пружно-тензометричних платформених вагів шляхом заміни силопередавальної пружини на безконтактний магнітний вузол силовведення. Задача роботи полягає у вивченні ефективності запропонованих нових технічних рішень пружно-тензометричних вагів порівняно з існуючими аналогами шляхом фізичного моделювання процесу вимірювальної маси.

4. Виклад основного матеріалу. Згідно з результатами раніше виконаних експериментальних досліджень і виробничих випробувань пружинно-тензометричних платформених вагів технологічного призначення з вузлом силовведення у вигляді каліброваної пружини стиснення було встановлено, що застосування силопередавальної пружини або іншого пружного елемента силовведення ускладнює кінематику вагів і призводить до появи додаткового джерела похибок вимірювання маси [6].

З метою спрощення конструкції силопередавального вузла і підвищення службових характеристик у ФТІМС були розроблені пружно-тензометричні платформені ваги [7, 8], в яких платформа установлена на чотирьох пружних елементах подвійного вигину, а вузол силовведення виконаний безконтактним на основі постійних магнітів (рис. 1).

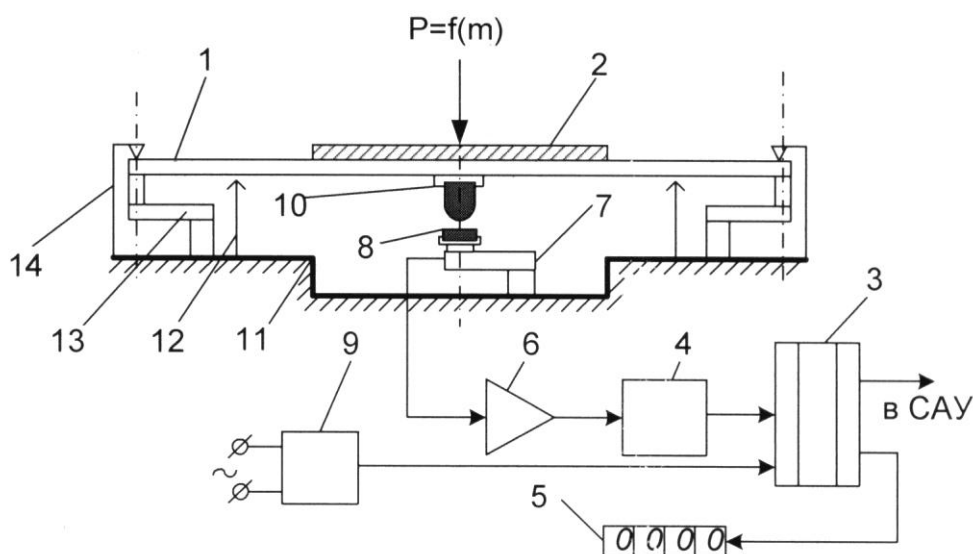


Рис. 1 Пружно-тензометричні платформені ваги з безконтактним вузлом силовведення на основі стрижневих магнітів, працюючих на відштовхування

Платформа 1 установлена на чотирьох пружних елементах 8 подвійного вигину, закріплених на основі 13. Переміщення платформи 1 у вертикальній площині обмежене нижніми 6 і верхніми 7 механічними упорами. У центрі симетрії платформи 1 розташована гумова накладка 2. У центрі жорсткості платформи 1 закріплено верхній постійний магніт 4 з напівсферичною робочою поверхнею і можливістю його переміщення по вертикальній осі за допомогою спеціального механізму (на схемі не показаний). Нижній

постійний магніт 3 з плоскою робочою поверхнею закріплений на силовому вході силовимірального датчика 5 співвісно з магнітом 4. Датчик 5 закріплений на нерухомій основі 13 з можливістю переміщення у горизонтальній площині за двома координатами при налагоджуванні вагів. Між магнітами 3 і 4, однойменні полюси котрих спрямовані назустріч один одному, встановлюють калібрований повітряний зазор δ_0 , величина якого залежить від магнітних характеристик магнітів 3 і 4 та від діапазону зважування. Вихід датчика 5 через підсилювач 11 сигналу та аналого-цифровий перетворювач 10 підключений до мікропроцесорного блока 9 вимірювання та індикації маси на цифровому індикаторі 12. Живлення елементів ваговиміральної схеми здійснюється від блока 13 живлення, підключеного до мережі змінного струму напругою 220 В.

Результати експериментальних досліджень, виконаних на фізичній моделі розроблених пружно-тензометричних вагів з безконтактним магнітним вузлом силовведення (рис. 1) при НМЗ 5000 г показали, що максимальна похибка від нелінійності залежності $\bar{C} = f(m)$ у діапазоні 1 мм не перевищує 0,5 % від НМЗ. В результаті лінеаризації цієї залежності програмним шляхом у блоці 9 відносна похибка зважування не перевищувала 0,05 % від НМЗ. Статична характеристика вагового пристрою з безконтактним вузлом силовведення наведена на рис. 2, де \bar{C} - середнє значення показань індикатора у поділках.

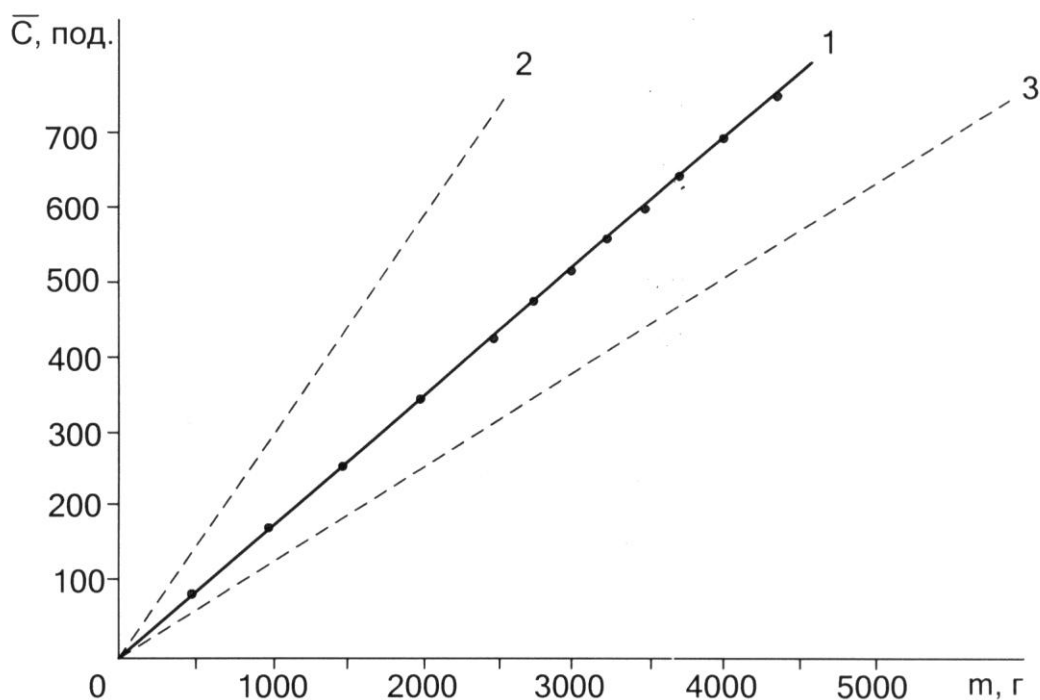


Рис. 2 Залежність $\bar{C} = f(m)$ при безконтактному вузлі силовведення:
1 – для фізичної моделі, що досліджувалась; 2, 3 - верхня і нижня межа діапазону зважування, відповідно

Розроблена ще одна конструкція пружно-тензометричних платформених вагів з комбінованим вузлом силового введення (рис. 3), виконаним на постійних кільцевих магнітах, робочі поверхні котрих мають протилежну полярність, тобто притягнуті одна до одної у вихідному стані. Платформа 1 установлена

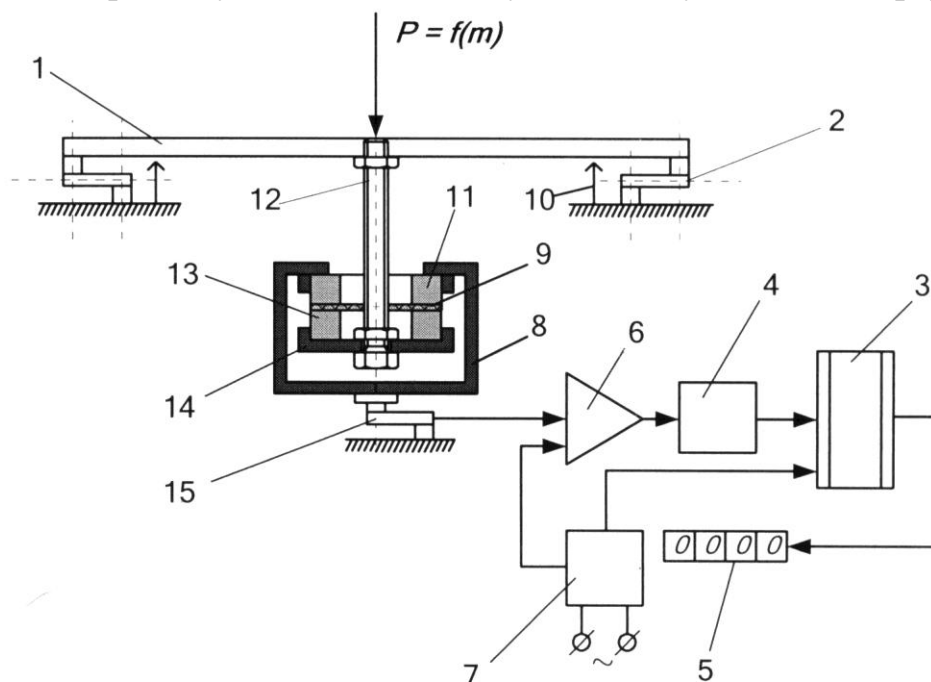


Рис. 3 Пружно-тензометричні платформені ваги з комбінованим вузлом силового введення

на чотирьох пружних елементах 2 подвійного вигину, закріплених на нерухомій основі. Переміщення платформи 1 у вертикальній площині обмежене механічними упорами 10. У центрі жорсткості платформи 1 закріплено стрижень 12, з'єднаний з немагнітною підставкою 14, на якій закріплено постійний кільцевий магніт 13. Другий кільцевий магніт 11 закріплений співвісно з магнітом 13 у корпусі 8 з немагнітного матеріалу. Між магнітами 11 і 13 розташована немагнітна прокладка 9, яка необхідна для пом'якшення стикування магнітів в умовах дії вібраційних і ударних збурень. Силовий вхід силовимірювального тензорезисторного датчика 15 з'єднаний з центром симетрії корпусу 8. Електричний вихід датчика 15 через підсилювач 6 і аналого-цифровий перетворювач 4 підключений до мікропроцесорного блоку 3 з цифровим індикатором 5. Живлення вимірювальної схеми здійснюється від блока 7 живлення, підключеного до мережі змінного струму напругою 220 В.

Платформені ваги працюють наступним чином. У вихідному стані магніти 11 і 13 притягнуті один до одного і платформа 1 з'єднана з силовим входом датчика 15, платформа 1 не навантажена, вихідний сигнал датчика 15 дорівнює нулю і на індикаторі 5 також висвітлені нулі в усіх розрядах. Після установки вантажу, який необхідно зважити, на платформу 1 пружні елементи 2 стискаються на відповідну величину. В результаті на силовому вході датчика 15 з'являється сила P , пропорційна масі m вантажу. Вихідний

сигнал датчика 15 надходить через блоки 6 і 4 у блок 3 і на індикаторі 5 висвітлюється маса m вантажу. Після зняття вантажу з платформи 1 силовимірювальний механізм вагів повертається у вихідний стан і на індикаторі 5 висвітлюються нулі. В тому випадку, коли сила $P = f(m)$ перевищує силу F_M стискання між магнітами 11 і 13, між ними виникає повітряний зазор, механічний зв'язок між платформою 1 і датчиком 15 зникає, що забезпечує захист датчика 15 від перевантажень, а отже підвищує надійність надійність цих вагів.

В результаті досліджень на фізичній моделі пружно-тензометричних вагів з комбінованим вузлом силовведення встановлено, що залежність $P = f(m)$ лінійна до моменту виникнення повітряного зазору між магнітами 11 і 13. При подальшому навантаженні платформи передача сили P на силовий вхід датчика 15 здійснюється через повітряний зазор між магнітами 11 і 13, а залежність $P = f(m)$ змінює знак, тобто при збільшенні навантаження на платформу 1 показання зменшуються (рис. 4). Таким чином, запропонований

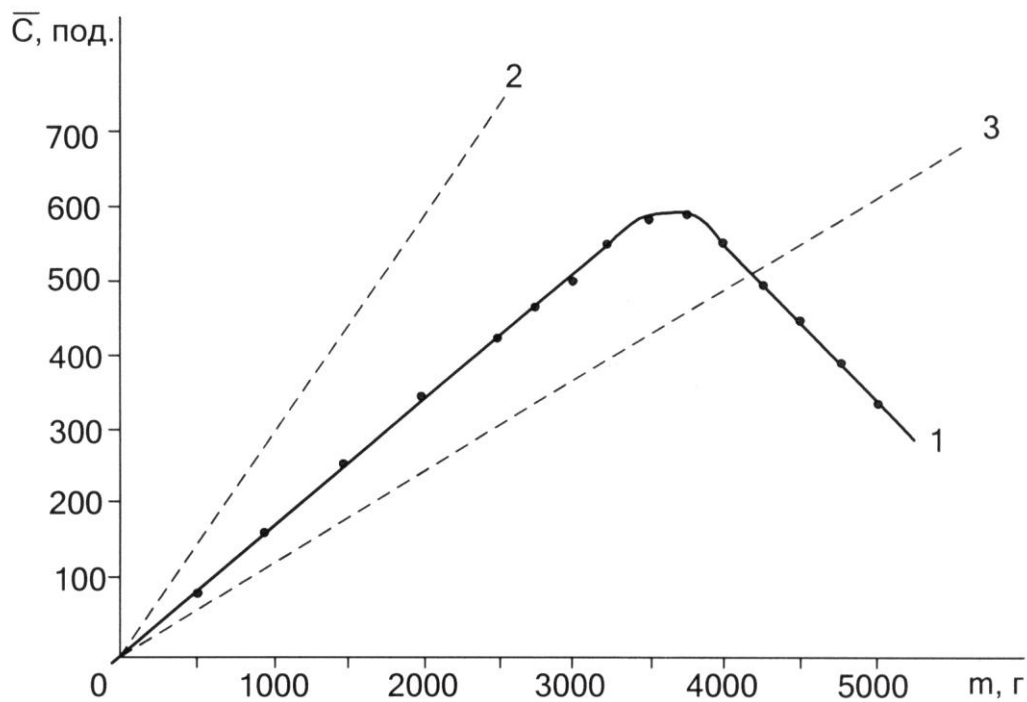


Рис. 4 Залежність $\bar{C} = f(m)$ при комбінованому вузлі силовведення:
 1 – для фізичної моделі, що досліджується; 2, 3 – верхня і нижня
 межа діапазону зважування, відповідно

комбінований вузол силовведення розширює можливості ваговимірювальної схеми щодо реалізації різних способів зважування і дозування за рахунок магнітного зв'язку між вантажоприймальною платформою і силовимірювальним датчиком. Експериментально встановлено, що відносна похибка таких вагів не перевищувала 0,05 % від НМЗ, що цілком задовольняє вимоги до технологічних вагів. Крім того були проведені випробування цих вагів в умовах дії ударних, вібраційних і неосьових навантажень

(систематичних і випадкових). Установлено, що метрологічні характеристики вагів після таких випробувань залишались незмінними, що свідчить про їх придатність до експлуатації у важких умовах виробництва.

5. Висновки.

- Запропоновані нові конструктивні рішення пружно-тензометричних платформених вагів з безконтактним і комбінованим вузлами силовведення на основі постійних магнітів.
- Експериментально встановлено на фізичних моделях цих вагів їх придатність для експлуатації в умовах дії дестабілізуючих факторів.
- Отримані результати експериментів будуть використані при розробленні дослідно-промислових зразків таких вагів.

1. Бауманн Э. Измерение сил электрическими методами. – М.: Мир, 1978. – 381 с. 2. Гроссман Н.Я., Шнырев Г.Д. Автоматизированные системы взвешивания и дозирования. – М.: Машиностроение, 1988. – 296 с. 3. Средства и системы автоматизации литейного производства /К.С. Богдан, В.Н. Горбенко, В.М. Денисенко, Ю.П. Каширин. – М.: Машиностроение, 1981. – 272 с. 4. Кукуй Д.М. Одиночко В.Ф. Автоматизация литейного производства. – Минск: Новое знание, 2008. – 240 с. 5. Богдан К.С. Конструктивные особенности и динамические свойства пружинно-тензометрических дозировочных весов для литейных материалов // Процессы литья. – 2007. - № 4. – С. 71 – 75. 6. Пат. 2026535 RU МКІ⁶ G01G 19/00. Устройство для взвешивания /К.С. Богдан, Н.С. Струтинський. – Опубл. 10.01.1995, Бюл. № 1. 7. Пат 84090 на винахід UA, МПК(2006) G01G 19/00. Пристрій для зважування / К.С. Богдан, А.О. Санкін. – Опубл. 10.09. 2008, Бюл. № 17. 8. Пат. 68192 на корисну модель UA, МПК G01G 19/413. Електромеханічні ваги / К.С. Богдан, А.О. Санкін. – Опубл. 26.03. 2012. – Бюл. № 6.