



УКРАЇНА

(19) UA (11) 36253 (13) A

(51) 6 G01N9/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ЗРАЗКА МАТЕРІАЛУ

(21) 99116370

(22) 23.11.1999

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Водотовка Володимир Ілліч, Мхейн Микаел
Фрунзикович, Репа Федір Михайлович(73) Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

(57) Пристрій для вимірювання вологості зразка матеріалу, що вміщує мікрохвильову піч (П), в камері якої розміщений зразок вологого матеріалу, вхід П з'єднано з виходом цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), вхід якого з'єднано з загальною шиною (ЗШ) електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), П встановлена на від'юстовану в

горизонтальному напрямку масовимірювальну платформу, яка спирається на три силосприймаючі елементи, що встановлені симетрично центру маси згаданої масовимірювальної платформи і з'єднані з входами трьох масовимірювальних каналів, кожний із яких складається із послідовно з'єднаних силовимірювального елемента, масштабного перетворювача, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), вихід якого з'єднано через ЗШ з ЕОМ, який відрізняється тим, що в кожний із трьох масовимірювальних каналів введені регульований масштабний перетворювач (РМП), вхід і вихід якого відповідно підключено до виходу масштабного перетворювача та входу АЦП, другий ЦАП, вхід і вихід якого відповідно підключено через ЗШ до ЕОМ та керованого входу РМП.

Винахід відноситься до контрольно-вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювання вологовмісту матеріалів мікрохвильовим методом.

Високий метрологічний потенціал термогравіметричного методу повністю не реалізується, бо йому притаманна різночасність виконання операцій висушування та вимірювання маси зразка матеріалу. Повірка і атестація вологомірів займає значний час, що обумовлено довгою багаторазових вимірів для визначення моменту встановлення постійної маси зразка матеріалу, тобто моменту закінчення його висушування (див.: ГОСТ 29027-1991. Влагодетры твердых и сыпучих материалов. Общие требования).

Відомі удосконалення традиційного термогравіметричного методу з метою підвищення точності та швидкості вимірювання, основані на тому, що в камеру мікрохвильової печі встановлено масовимірювальний пристрій, котрий потребує дорогого екранування від впливу ЕМП НВЧ (див., наприклад, документи та проспекти на мікрохвильові печі моделей фірми Sartorius MMA 93, СМ Microtronic, СЕМ MDS 2000). При цьому операції висушування та вимірювання маси здійснюються одночасно, а нагрів в електромагнітному полі надвисоких частот (НВЧ) реалізує в середині зразка внутрішнє джерело тепла, ефективна дія якого визначається збіганням напрямів температурного напору і вологопереносу. В результаті цього, за-

лежно від структури і складу матеріалу, час висушування скорочуються в 5-10 разів.

Відомий взірцевий мікрохвильовий гравіметричний пристрій (див.: Бех С.В., Водотовка В.І. Принцип побудови вологоміра підвищеної точності та швидкодії // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 1998. - № 1. - С. 22-24), що вміщує малогабаритну мікрохвильову піч (П), в камері якої розміщують зразок вологого матеріалу масою m_b , здійснюють його нагрів та висушування до постійної маси m_c за допомогою НВЧ генератора. П встановлена на жорстку масовимірювальну платформу (МВП), яка спирається на три силосприймаючі елементи. Площина МВП від'юстована в горизонтальному напрямку. Силосприймаючі елементи встановлені симетрично центру маси, здійснюють тиск на силовимірювальні елементи, котрі перетворюють частину (третину) загальної ваги, яка приходить на кожний із силосприймаючих елементів в електричний сигнал. Масштабні перетворювачі з постійним коефіцієнтом передачі, які своїми входами з'єднані з виходами силосприймаючих елементів за допомогою триканального аналого-цифрового перетворювача (АЦП) формують рівень сигналів, необхідний для перетворення їх в машинний код та передачу їх через загальну шину (ЗШ) електронно-обчислювальної машини (ЕОМ). Значення коду, пропорційне масам вологого N_b та висушеного N_c

(19) UA (11) 36253 (13) A

матеріалу, заноситься в оперативну пам'ять (ОП) ЕОМ.

ЕОМ також керує включенням/виключенням НВЧ енергії через цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП), який своїм входом з'єднаний зі ЗШ, а виходом - з виконуючим пристроєм мікрохвильової печі. Після висушування (стабілізації показника N_c) маси вологі зразка матеріалу, результат розрахунку вимірюваної величини вологості - масової вологості $W\%$, здійснюється в ОП ЕОМ по прийнятому в гравіметричному методі способі

$$W\% = \frac{N_b - N_c}{N_b} \cdot 100\% = \frac{m_b - m_c}{m_b} \cdot 100\%$$

Незначний час висушування, під постійним контролем масовимірювання дозволяє дещо зменшити мультиплікативну похибку, обумовлену не стабільністю чутливості кожного із трьох каналів масовимірювальної платформи.

Однак у відомому пристрої не вирішені задачі автоматичного встановлення нуля вихідної величини масовимірювального каналу і повної корекції його мультиплікативної похибки. Крім того, немінуча неоднаковість та нестабільність параметрів трьох силосприймаючих елементів, трьох силовимірювальних елементів, масштабних перетворювачів у відомому пристрої не усуваються, що обумовлює значну похибку вимірювання. В результаті невисокої точності вимірювання $W\%$ вірогідність вірного визначення вологовмісту в зразку матеріалу залишається низькою.

В основу винаходу покладено задачу розробки такого пристрою для вимірювання вологості зразка матеріалу, який з введенням нових елементів та зв'язків дозволить незалежно від ступеня нестабільності та неідентичності параметрів вимірювальної схеми підвищити точність вимірювання вологості.

Поставлена задача досягається тим, що в пристрій для вимірювання вологості зразка матеріалу, що вміщує мікрохвильову піч (П), в камері якої розміщений зразок вологого матеріалу, вхід П з'єднано з виходом цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), вхід якого з'єднано з загальною шиною (ЗШ) електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), П встановлена на від'юстовану в горизонтальному напрямку масовимірювальну платформу, яка спирається на три силосприймаючі елементи що встановлені симетрично центру маси упомянутої масовимірювальної платформи і з'єднані з входами трьох масовимірювальних каналів, кожний із яких складається із послідовно з'єднаних силовимірювального елементу, масштабного перетворювача, аналого-цифрового перетворювача (АЦП), вихід якого з'єднано через ЗШ з ЕОМ, новим є те, що в кожний із трьох масовимірювальних каналів введені регульований масштабний перетворювач (РМП), вхід і вихід якого відповідно підключено до виходу масштабного перетворювача та входу АЦП, другий ЦАП, вхід і вихід якого відповідно підключено через ЗШ до ЕОМ та керованого входу РМП.

Введення в схему пристрою вказаних додаткових елементів та зв'язків забезпечує підвищення чутливості, автоматичне встановлення нуля вихідної величини масовимірювального каналу, повної корекції його мультиплікативної похибки, дозволяє

забезпечити достовірність вимірювання вологовмісту зразка матеріалу.

Суть запропонованого винаходу пояснює графічний матеріал, на якому зображена функціональна схема пристрою для вимірювання вологості зразка матеріалу (фіг.).

Пристрій для вимірювання вологості зразка матеріалу містить мікрохвильову піч 1, в камері якої розміщено зразок вологого матеріалу 2, який нагрівають та висушують до постійної маси. Вхід печі 1 з'єднано з виходом цифро-аналогового перетворювача 3, вхід якого загальною шиною 4 з'єднано з електронно-обчислювальною машиною 5. Піч 1 встановлена на від'юстовану в горизонтальному напрямку масовимірювальну платформу 6, яка спирається на силосприймаючі елементи 7.1-7.3, що встановлені симетрично центру маси масовимірювальної платформи 6 і з'єднані з входами трьох масовимірювальних каналів, що містять послідовно з'єднані силовимірювальні елементи 8.1-8.3, масштабні перетворювачі 9.1-9.3, регульовані масштабні перетворювачі 10.1-10.3, аналого-цифрові перетворювачі 11.1-11.3, виходи яких з'єднані з електронно-обчислювальною машиною 5 через загальну шину 4; другі цифро-аналогові перетворювачі 12.1-12.3, входи і виходи яких відповідно підключено через загальну шину 4 до електронно-обчислювальної машини 5 та керованих входів регульованих масштабних перетворювачів 10.1-10.3.

Пристрій для вимірювання вологості зразка працює таким чином.

До моменту закладення в мікрохвильову піч 1 виміряного повітряним вологоміром зразка матеріалу 2, в ЕОМ 5 вносяться наступні значення кодів АЦП 11.1-11.3

$$n_1(t_1) = S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot m_{01} \cdot g + \Delta n_1 \quad (1)$$

$$n_2(t_1) = S_2 \cdot (1 + a_2) \cdot m_{02} \cdot g + \Delta n_2 \quad (2)$$

$$n_3(t_1) = S_3 \cdot (1 + a_3) \cdot m_{03} \cdot g + \Delta n_3 \quad (3)$$

де $S_1, S_2, S_3, a_1, a_2, a_3$ - загальні коефіцієнти перетворення масовимірювальних каналів та їх відносні мультиплікативні похибки;

m_{01}, m_{02}, m_{03} - складові загальної маси мікрохвильової печі;

g - константа земного тяжіння;

$\Delta n_1, \Delta n_2, \Delta n_3$ - абсолютні адитивні похибки кожного із трьох каналів.

Далі другі ЦАП 12.1-12.3 кожного із масовимірювальних каналів встановлюють відповідно до значень K_1, K_2, K_3 коефіцієнти передачі регульованих масштабних перетворювачів 10.1-10.3 і тоді в ЕОМ 5 заносяться нові значення кодів АЦП 11.1-11.3

$$n_1(t_2) = K_1 \cdot S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot m_{01} \cdot g + \Delta n_1 \quad (4)$$

$$n_2(t_1) = K_2 \cdot S_2 \cdot (1 + a_2) \cdot m_{02} \cdot g + \Delta n_2 \quad (5)$$

$$n_3(t_1) = K_3 \cdot S_3 \cdot (1 + a_3) \cdot m_{03} \cdot g + \Delta n_3 \quad (6)$$

Після закладення в камеру печі 1 вологого зразка матеріалу 2, одержимо в ЕОМ 5 систему нових значень кодів АЦП 11.1-11.3

$$n_1(t_3) = K_1 \cdot S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot g \cdot (m_{01} + m_{B1}) + \Delta n_1 \quad (7)$$

$$n_2(t_3) = K_2 \cdot S_2 \cdot (1 + a_2) \cdot g \cdot (m_{02} + m_{B2}) + \Delta n_2 \quad (8)$$

$$n_3(t_3) = K_3 \cdot S_3 \cdot (1 + a_3) \cdot g \cdot (m_{03} + m_{B3}) + \Delta n_3 \quad (9)$$

Встановивши другим ЦАП 12.1-12.3 попереднє значення коефіцієнтів передачі регульованих ма-

сштабних перетворювачів 10.1-10.3, одержимо значення кодів АЦП 11.1-11.3 у вигляді

$$n_1(t_4) = K_1 \cdot S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot g \cdot (m_{01} + m_{B1}) + \Delta n_1 \quad (10)$$

$$n_2(t_4) = K_2 \cdot S_2 \cdot (1 + a_2) \cdot g \cdot (m_{02} + m_{B2}) + \Delta n_2 \quad (11)$$

$$n_3(t_4) = K_3 \cdot S_3 \cdot (1 + a_3) \cdot g \cdot (m_{03} + m_{B3}) + \Delta n_3 \quad (12)$$

$$\left. \begin{aligned} n_1(t_1) &= S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot m_{01} \cdot g + \Delta n_1 \\ n_1(t_2) &= K_1 \cdot S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot m_{01} \cdot g + \Delta n_1 \\ n_1(t_3) &= K_1 \cdot S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot g \cdot (m_{01} + m_{B1}) + \Delta n_1 \\ n_1(t_4) &= S_1 \cdot (1 + a_1) \cdot g \cdot (m_{01} + m_{B1}) + \Delta n_1 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Аналогічні дві системи утворюють рівняння (2), (5), (8), (11) і (3), (6), (9), (12) інших масовимірювальних каналів.

Система (13) відносно маси вологого зразка в ЕОМ 5 має рішення

$$m_{B1} = m_{01} \frac{[n_1(t_4) - n_1(t_3)] - [n_1(t_1) - n_1(t_2)]}{n_1(t_1) - n_1(t_2)} \quad (14)$$

Таким чином, в (14) різницю в чисельнику виключаються мультиплікативні a_1 , a_2 , a_3 похибки масовимірювальних каналів та адитивні похибки Δn_1 , Δn_2 , Δn_3 , які обумовлюють похибку встановлення нуля, а при діленні виключаються параметри S_1 , S_2 , S_3 , K_1 , K_2 , K_3 нестабільності параметрів кожного із каналів.

Позначивши в (14) результат розрахунку дробу як N_{B1} , одержимо

$$m_{B1} = N_{B1} \cdot m_{01}.$$

Аналогічно запишемо складові маси вологого зразка m_{B2} і m_{B3} двох інших вимірювальних каналів

$$m_{B2} = N_{B2} \cdot m_{02},$$

$$m_{B3} = N_{B3} \cdot m_{03}.$$

Одержавши результати розрахунку N_1 , N_2 , N_3 , ЕОМ 5 включає через ЦАП 3 мікрохвильову піч 1 і починає процес сушки, протягом якого періодично,

в моменти часу, розраховує величини $N_1(t_i)$, $N_2(t_i)$, $N_3(t_i)$ доки не досягаються наступні рівності, що вказують на момент закінчення висушування зразка матеріалу 2

$$N_1(t_i) = N_1(t_{i+1}),$$

$$N_2(t_i) = N_2(t_{i+1}),$$

$$N_3(t_i) = N_3(t_{i+1}).$$

Далі можливо записати співвідношення для складових маси сухого зразка матеріалу 2 кожного із масовимірювальних каналів

$$m_{C1} = N_1(t_{i+1}) \cdot m_{01},$$

$$m_{C2} = N_2(t_{i+1}) \cdot m_{02},$$

$$m_{C3} = N_3(t_{i+1}) \cdot m_{03}.$$

Величина вологості зразка матеріалу 2 визначається по даним любого із масовимірювальних каналів, при цьому відміни шуканої величини, найдені по цим даним, полягають лише в незначній похибці розрахунків, яку також можливо зменшити, знайшовши середнє значення вологості зразка матеріалу

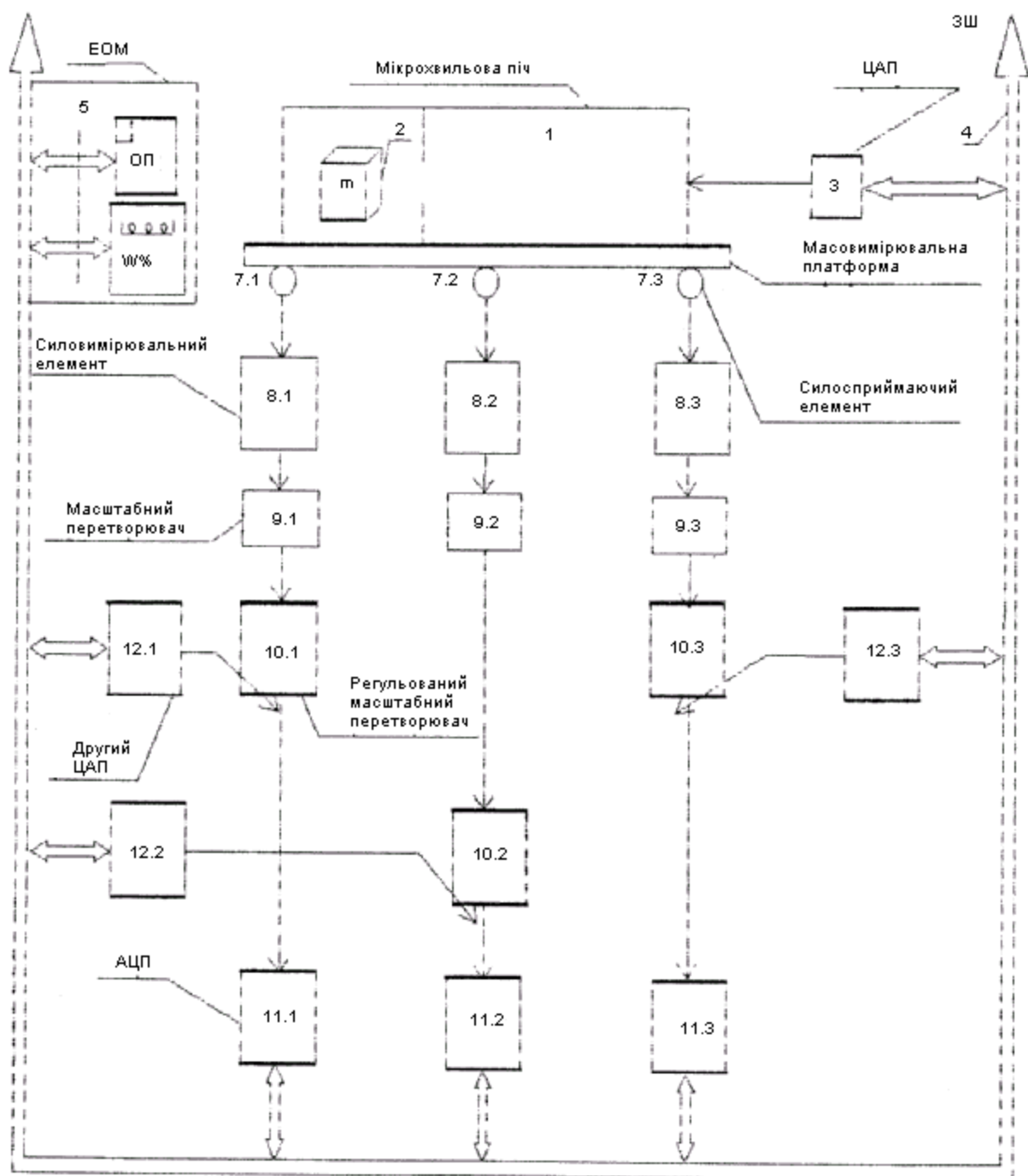
$$W'(\%) = \frac{m_{B1} - m_{C1}}{m_{B1}} \cdot 100\%,$$

$$W''(\%) = \frac{m_{B2} - m_{C2}}{m_{B2}} \cdot 100\%,$$

$$W'''(\%) = \frac{m_{B3} - m_{C3}}{m_{B3}} \cdot 100\%,$$

$$W(\%) = [W'(\%) + W''(\%) + W'''(\%)] / 3.$$

Таким чином, вимірювання вологовмісту в зразках сипучих матеріалів показали, що пристрій для вимірювання вологості зразка матеріалу дозволяє забезпечити похибку вимірювання менше 0,1%, що свідчить про підвищення точності не менше чим на один порядок.



Фіг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22