



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 48438

(13) A

(51) 6 G01N27/22

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

(54) СПОСІБ ДИЕЛЬКОМЕТРИЧНОГО ВИМІРУ ВОЛОГОСТІ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 2001075348

(22) 26 07 2001

(24) 15 08 2002

(46) 15 08 2002, Бюл. № 8, 2002 р.

(72) Занько Сергій Миколайович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Спосіб диелектрометричного виміру вологості сипучих матеріалів, що полягає у вимірі диелектричної проникності ϵ_{Σ} двофазного міжелектродного середовища, що складається з досліджуваного сипучого матеріалу ϵ_M і газоповітряного наповнювача ϵ_r при штучній зміні параметрів газоповітряного наповнювача, який відрізняється тим, що збільшують початковий тиск $P_{\text{атм}}$ газоповітряного наповнювача в

$$K_p = \frac{P_K}{P_{\text{атм}}} \text{ разів}$$

до моменту рівності електричних проникностей міжелектродного середовища із сипучим матеріалом ϵ_{Σ} і збільшеної в K_p разів маси повітряного наповнювача ϵ_r^* , при досягненні якого вимірюють диелектричну проникність ϵ_{Σ} міжелектродного середовища із сипучим матеріалом, приймаючи її рівною диелектричній проникності ϵ_M досліджуваного сипучого матеріалу

$$\epsilon_M = \epsilon_{\Sigma} = \epsilon_r^*,$$

причому момент рівності $\epsilon_M = \epsilon_{\Sigma} = \epsilon_r^*$ визначають за допомогою виміру і порівняння електричних

ємностей $3_{\Sigma}^I, 3_{\Sigma}^{II}$ двох ідентичних у конструктивному виконанні ємнісних вимірювальних камер $CO = C_O^{II}$ з різними коефіцієнтами $K_M \neq K_M^{II}$ заповнення їх сипучим матеріалом

$$3_{\Sigma}^I = 3_{\Sigma}^{II},$$

$$\epsilon_M = \frac{3_{\Sigma}^I}{CO} = \frac{3_{\Sigma}^{II}}{C_O^{II}}$$

2 Пристрій виміру вологості сипучих матеріалів за п. 1, який містить ємнісний вимірювальний перетворювач і функціональний перетворювач, що відрізняється тим, що ємнісний вимірювальний перетворювач виконаний двокамерним у вигляді циліндра, у верхній частині якого, у камері нагнітання, установлена кришка-поршень з каналом введення технопогічного газу, нижче камери нагнітання, на зовнішній боковій поверхні циліндра, установлені верхня і нижня пари ідентичних напівциліндричних електродів, включених у мостову вимірювальну схему вузла порівняння електричних ємностей верхньої і нижньої вимірювальних камер, вихід схеми через комутатор з'єднаний з інформаційним входом функціонального перетворювача, керуючий вхід комутатора підключений до виходу вузла порівняння

Передбачуваний винахід відноситься до галузі аналітичної техніки, а саме, до диелектрометричної вологометрії, і може бути використаний для експресного аналізу вологості сипучих, шматкових, волокнистих і інших неоднорідних по щільності і розмірам гранул матеріалів, зокрема в сільському господарстві і на підприємствах харчової промисловості для виміру вологості сільгоспсировини і продуктів її переробки

Відомі пристрої орієнтовані на вимір вологості лише визначених видів матеріалів (сипучих чи волокнистих) тобто не є універсальними [1]

Відомі також технічні рішення, основна увага в яких приділена обліку мінливості насипної маси проби аналізованого матеріалу, для чого в пристрій вводяться або удосконалюються різні вузли для ущільнення виміру зусиль ущільнення насипної маси матеріалу і т.д. [2, 3, 4] Однак ці міри не

(13) A

(11) 48438

(19) UA

ефективні і лише частково усувають або враховують вплив нерівномірного укладання матеріалу в камері датчика на результати вимірів

Найбільш близьким по технічній сутності до технічного рішення, що заявляється, є "Спосіб вимірювання вологості матеріалів та пристрій для його здійснення" [5]

Відповідно до відомого технічного рішення, поряд з виміром технічної ємності вимірювальної камери із сипучим матеріалом виробляються визначення і облік об'ємного заповнення камери сипучим матеріалом у кінцевому результаті. Це приводить до ускладнення вимірів і самого пристрою, до появи додаткових погрешностей, крім того, взаємне розташування електродів не дозволяє в достатній мірі усунути вплив нерівномірного розподілу по обсягу камери щільності укладання матеріалу

В основу винаходу постановлено задачу — розширити функціональні можливості, підвищити точність і спростити вимірів у пристрої

Для досягнення цієї задачі запропонований спосіб диелектричного виміру вологості сипучих матеріалів, що полягає у вимірі діелектричної проникності ϵ_{Σ} двофазного міжелектродного середовища, який складений з досліджуваного сипучого матеріалу ϵ_M і газоповітряного наповнювача ϵ_r при штучній зміні параметрів газоповітряного наповнювача, відповідно до винаходу збільшують початковий тиск $P_{\text{атм}}$ газоповітряного наповнювача в

$$K_P = \frac{P_K}{P_{\text{атм}}}$$

до моменту рівності диелектричної проникності міжелектродного середовища із сипучим матеріалом ϵ_{Σ} і збільшеної в K_P раз маси газоповітряного наповнювача ϵ_r^* , при досягненні якого вимірюють діелектричну проникність ϵ_{Σ} міжелектродного середовища із сипучим матеріалом, приймаючи її рівною діелектричній проникності ϵ_M досліджуваного сипучого матеріалу

$$\epsilon_M = \epsilon_{\Sigma} = \epsilon_r^*$$

причому, момент рівноваги $\epsilon_M = \epsilon_{\Sigma} = \epsilon_r^*$ визначають за допомогою виміру і порівняння електричних ємностей 3_{Σ}^I , 3_{Σ}^{II} двох ідентичних у конструктивному виконанні ємнісних вимірювальних камер CO , CO^{II} з різними коефіцієнтами K_M , K_M^{II} заповнення їх сипучим матеріалом

$$\begin{cases} 3_{\Sigma}^I = 3_{\Sigma}^{II} \\ \epsilon_M = \frac{3_{\Sigma}^I}{CO} = \frac{3_{\Sigma}^{II}}{CO^{II}} \end{cases} \quad (1)$$

Для реалізації цього способу запропонований пристрій виміру вологості сипучих матеріалів, у якому ємнісний вимірювальний перетворювач виконаний двокамерним у вигляді циліндра, у верхній частині якого, у камері нагнітання, встановлений кришка-поршень з каналом введення технологічного газу, нижче камери нагнітання на зовнішній боковій поверхні циліндра встановлені верхня і нижня пари ідентичних напівциліндричних електродів, включених у мостову вимірювальну схему вузла порівняння електричних ємностей

верхньої і нижньої вимірювальних камер, а також через комутатор з інформаційним входом функціонального перетворювача, керуючий вхід комутатора підключений до виходу вузла порівняння

У тексті опису і на кресленні функціональної блок-схеми пристрою виміру вологості сипучих матеріалів введені наступні символи і позначення

ϵ_M , ϵ_r , ϵ_{Σ} — діелектричні проникності матеріалу, газоповітряного

наповнювача і міжелектродного середовища (матеріал+наповнювач), відповідно,

ϵ_{Σ}^I , ϵ_{Σ}^{II} — діелектричні проникності між електродних середовищ верхньої і нижньої вимірювальних камер, відповідно,

ϵ_r — діелектрична проникність газоповітряного наповнювача зі збільшенням його щільності в K_P разів,

$$\left. \begin{matrix} CO, 3_{\Sigma}^I \\ CO^{II}, 3_{\Sigma}^{II} \end{matrix} \right\}$$

$$K_P = \frac{P_K}{P_{\text{атм}}}$$

$V_{\text{НДО}}$,

$$V_{\text{НДО}} = V_{\text{НДО}}^I + V_{\text{НДО}}^{II}$$

$$\left. \begin{matrix} K_M = \frac{V_M}{V_{\text{НДО}}} \\ K_M^{II} = \frac{V_M^{II}}{V_{\text{НДО}}^{II}} \end{matrix} \right\}$$

- електричні ємності без матеріалу і з матеріалом верхньої і нижньої вимірювальних камер, відповідно,
- крайність збільшення тиску газоповітряного наповнювача у вимірювальній камері, при якому $\epsilon_M = \epsilon_{\Sigma} = \epsilon_r$,
- обсяги камери нагнітання у вимірювальних верхній і нижній камерах, відповідно,
- коефіцієнт об'ємних заповнень сипучим матеріалом верхньої і нижньої вимірювальних камер, відповідно
- 1 - ємнісний вимірювальний перетворювач,
- 2 - циліндр,
- 3 - кришка-поршень,
- 4 - канал введення технологічного газу,
- 4^I, 5^I, 6^I - камер нагнітання, верхня і нижня вимірювальні камери, відповідно,
- 5, 6 - верхня і нижня пари електродів, відповідно,
- 7 - вузол порівняння електричних ємностей верхньої і нижньої вимірювальних камер, відповідно,

- 8 - комутатор,
- 9 - функціональний перетворювач,
- 10 - вхід введення заданої функціональної залежності $\epsilon_M = F(W)$ діелектричної проникливості ϵ_M матеріалу від його вологості W ,
- 11 - вихід висновку вимірювальних значень вологості W сипучого матеріалу

Сутність способу полягає в тому, що у міжелектродному просторі вимірювальних камер, заповненому двофазним середовищем (сипучий матеріал + газоповітряний наповнювач) створити однорідну по діелектричній проникності середовище, що можливо лише за умови рівності діелектричних проникностей її компонентів, тобто при $\epsilon_M = \epsilon_r$. У цьому випадку, при будь-яких об'ємних співвідношеннях сипучого матеріалу і газоповітряного наповнювача, а також при будь-якій нерівномірності щільності укладання сипучого матеріалу

у вимірювальній камері, величина діелектричної проникності ϵ_M матеріалу, яку потрібно визначити буде однозначно визначатися величиною діелектричної проникності ϵ_Σ між електродного середовища, тобто величиною електричної ємності 3_Σ , що безпосередньо визначається ємнісним вимірювальним перетворювачем. Досягнення рівності діелектричних проникностей матеріалу і газоповтряного наповнювача здійснюється шляхом підвищення тиску (щільності) газу.

Вираз для сумарної діелектричної проникності ϵ_Σ двофазного міжелектродного середовища і діелектричними проникливостями ϵ_M , ϵ_Γ її компонентів у залежності від їхніх об'ємних співвідношень можна представити

$$K_M = \frac{V_M}{V_M + V_\Gamma},$$

$$(1 - K_M) = \frac{V_\Gamma}{V_M + V_\Gamma}, \quad (2)$$

$$\epsilon_\Sigma = K_M' \epsilon_M + (1 - K_M) \epsilon_\Gamma$$

Для визначення моменту рівності $\epsilon_M = \epsilon_\Gamma^*$ у процесі підвищення тиску газоповтряного наповнювача $P_{атм}$, P_K використовуються дві ідентичні вимірювальні камери, електричні ємності яких до заповнення їх сипучим матеріалом рівні $CO = CO^I$. При заповненні їх свавільними обсягами матеріалів, $V_M \neq V_M^I$, одержимо систему рівнянь

$$\begin{cases} \epsilon_\Sigma^I = K_M' \epsilon_M + (1 - K_M) \epsilon_\Gamma \\ \epsilon_\Sigma^{II} = K_M^{II} \epsilon_M + (1 - K_M^{II}) \epsilon_\Gamma \end{cases} \quad (3)$$

При однаковому збільшенні тиску в обох камерах (камери з'єднані між собою) наступить момент, коли величини електричних ємностей зрівняються, $3_\Sigma^I = 3_\Sigma^{II}$, що просто визначається і фіксується включенням їх у мостову вимірювальну схему вузла порівняння. Це свідчить про те, що, незважаючи на розходження об'ємних змістів сипучих матеріалів у вимірювальних камерах 5^I , 6^I , у них сформована та ж саме гомогенна в частині діелектричної проникності міжелектродне середовище, що можливо при $\epsilon_M = \epsilon_\Gamma^*$ тобто вираз 3 прийме вид,

$$\epsilon_\Sigma = \epsilon_\Sigma^I = \epsilon_\Gamma \quad (4)$$

У цей момент визначається величина діелектричної проникності сипучого матеріалу

$$\epsilon_M = \frac{3_\Sigma^I}{CO}$$

чи

$$\epsilon_M = \frac{3_\Sigma^{II}}{CO^{II}} \quad (5)$$

Технічна реалізація способу здійснюється пристроєм для виміру вологості сипучих матеріалів (фіг.)

Ємнісний вимірювальний перетворювач 1 являє собою герметичний циліндр 2, у верхній частині якого, у нагнітальній камері 4^I, установлений кришка-поршень 3 з каналом введення технологічного газу 4 (канал 4 використовується в залежності від умов експлуатації — наявності технологічного газу з діелектричною проникливістю, більшої $\epsilon_{повітря}$ при наявності зовнішніх джерел підвищення тиску газу — насос, чи балон пневмомагістраль зі стисненим повітрям). Нижче нагнітальної камери 4^I

на зовнішній боковій поверхні циліндра 1 установлені верхня 5 і нижня 6 пари ідентичних напівциліндричних електродів, що утворюють верхню 5^I і нижню 6^I вимірювальні камери. Вимірювальні камери 5^I і 6^I не мають чітких, розділених елементами конструкції границь, що і не потрібно для технічної реалізації способу, тому що в момент зчитування результат вимірів значення величини об'ємних співвідношень сипучого матеріалу і газоповтряного наповнювача не є інформативними. Пари електродів 5, 6 включені в мостову вимірювальну схему вузла порівняння 7 електричних ємностей 3_Σ^I і 3_Σ^{II} , а інформаційний вихід 3_Σ через комутатор 8 підключений до одного входу функціонального перетворювача 9, другий вхід якого підключений до входу 10 введення інформації про задану функціональну залежність діелектричної проникності ϵ_M матеріалу від його вологості W . Вихід вузла порівняння 7 підключений до керуючого входу зчитування результату $\epsilon_\Sigma^I = \epsilon_M$ комутатора 8. Результат вимірів і перетворень $W = F(\epsilon_M)$ зчитується з виходу функціонального перетворювача 9 на вихід 11 пристрою.

Конкретний приклад виконання способу

1 При незаповненій сипучим матеріалом загальній камері ємнісного вимірювального перетворювача 1 вимірюють, і вирівнюють величини електричних ємностей верхньої 5^I і нижньої 6^I вимірювальних камер

$$CO = CO^I = 3$$

Значення величини 3 записують у функціональний перетворювач 9

2 Засипають сипучий матеріал у ємнісний вимірювальний перетворювач 1. Рівень засипання — довільний. Необхідно лише виконати умову $V_M \neq V_M^I$, що реалізується природним шляхом — насипна щільність сипучого матеріалу в нижній камері завжди вище, ніж у верхній (наприклад, можливе засипання лише частини обсягу нижньої камери при порожній верхній). Найбільш оптимальний рівень засипання — з обсягу верхньої вимірювальної камери 6^I (як показано на фіг.). Встановлюють кришку-поршень 3 і герметизують камеру. На виході вузла порівняння 7 з'явиться сигнал розбалансу $3_\Sigma^I < 3_\Sigma^{II}$.

3 Переміщенням (наприклад, угвинчуванням) кришки-поршня 3 в середину порожнини нагнітальної камери 4^I збільшують тиск газоповтряного наповнювача у вимірювальній камері $P_{атм} \rightarrow P_K$ доти, поки на виході вузла порівняння 8 не з'явиться сигнал рівності $3_\Sigma^I = 3_\Sigma^{II}$. По цьому сигналу через комутатор 8 у функціональний перетворювач 9 відбудеться зчитування величини 3_Σ^{II} . Виміри закінчені.

4 По закладеному у функціональний перетворювач 9 алгоритму визначається величина діелектричної проникливості ϵ_M сипучого матеріалу

$$\epsilon_M = \frac{3_\Sigma^I}{CO}$$

і далі, відповідно до заданої функціональної залежності $\epsilon_M = F(W)$, з виходу 11 пристрою зчитується результат виміру вологості

$$W = F(\epsilon_M)$$

Процес виміру простий. Основні труднощі —

створення необхідного тиску газоповітряного наповнювача у вимірювальній камері. Наприклад, при використанні в якості наповнювача атмосферного повітря ($\epsilon_{\text{пов}}=1,00058$), для виміру вологості деяких видів с/г культур, приведених нижче в таблиці, тиск повітряного наповнювача необхідно підвищити приблизно до 9 атм, тобто $\epsilon_v \approx 9,0$

З/х культура	Вологість, %	Д п, ϵ_m	tg δ кута втрат
Пшениця	22,1	8,8	0,24
Тритикале	21,8	8,5	0,17
Жито	22,0	8,2	0,17
Ячмінь	21,9	8,0	0,17
Овес	22,1	7,8	0,14

Максимальна кратність підвищення тиску газового наповнювача у вимірювальній камері створюється при повному витисненні газу з обсягу $V_{\text{ИК}}$ нагнітальної камери в обсяг $V_{\text{ИК}}$ вимірювальних камер 5¹, 6¹ і без сипучого матеріалу складе

$$P_{\text{атм}}(V_{\text{НК}} + V_{\text{ИК}}) = P_{\text{мак}} V_{\text{ИК}}$$

$$K_P = \frac{P_{\text{мак}}}{P_{\text{атм}}} = \frac{V_{\text{НК}}}{V_{\text{ИК}}} \quad (6)$$

При засипанні вимірювальної камери сипучим матеріалом максимальна можлива величина K_P підвищується

$$K_P = \frac{V_{\text{НК}} + (1 - K_M)V_{\text{НК}}}{(1 - K_M)V_{\text{ИДО}}} \quad (7)$$

Наприклад, при співвідношенні обсягів нагнітальної і вимірювальної камер $V_{\text{НК}}=2V_{\text{ИК}}$ величина K_P складає

порожній датчик

$$K_P = \frac{2V_{\text{ИК}} + V_{\text{ИК}}}{V_{\text{ИДО}}} = 3$$

датчик з матеріалом $K_M=0,8$

$$K_P = \frac{2V_{\text{ИК}} + (1 - K_M)V_{\text{ИК}}}{(1 - K_M)V_{\text{ИДО}}} = \frac{2,2}{0,2} = 11$$

У залежності від умов експлуатації підвищення тиску газоповітряного наповнювача можна створювати при фіксованому положенні кришки-поршня через канал введення технологічного газу

Найбільше ефективно в порівнянні з відомими

діелекметричними вимірниками вологості сипучих матеріалів пропонується пристрій може використовуватися для виміру матеріалів з малою вологістю (до 1,0 - 1,5%), а також таких "незручних" до рівнощільного укладання матеріалів, як пірпухова сировина, вовна, шовк, бавовна, льон, листи тютюну і сподіваючись, трави та ін

Таким чином, запропоноване технічне рішення дозволяє вимірювати вологість матеріалів з результатом, що не залежить від їхньої структури. Немає необхідності в нормуванні проби матеріалу по обсягу або по масі. Нерівномірність напруженості електричного поля по обсягу вимірювальної камери, "крайові ефекти" не впливають на результати вимірів

Спосіб може бути реалізований у діелекметричних (ємнісних) вимірниках вологості з різними формами і взаємними розташуваннями електродів, за умови забезпечення їхньої герметичності і можливістю підвищення діелектричної проникливості газового наповнювача, що розширює його функціональні можливості

Інший варіант реалізації способу — експлуатація в лабораторних умовах з використанням барокамери. Два однокамерних ємнісних вологомерів після попереднього підстроювання і вимірів їх початкових ємностей завантажують досліджуванним матеріалом і поміщають у барокамеру. Порожнини вимірювальних камер відкриті, конструкції приладів не повинні мати герметичних вузлів і порожнин, щоб уникнути їхньої деформації при підвищенні тиску в барокамері. Підвищуючи тиск у барокамері, порівнюють вихідні вимірювальні сигнали, далі — відповідно до запропонованого способу

Джерела інформації

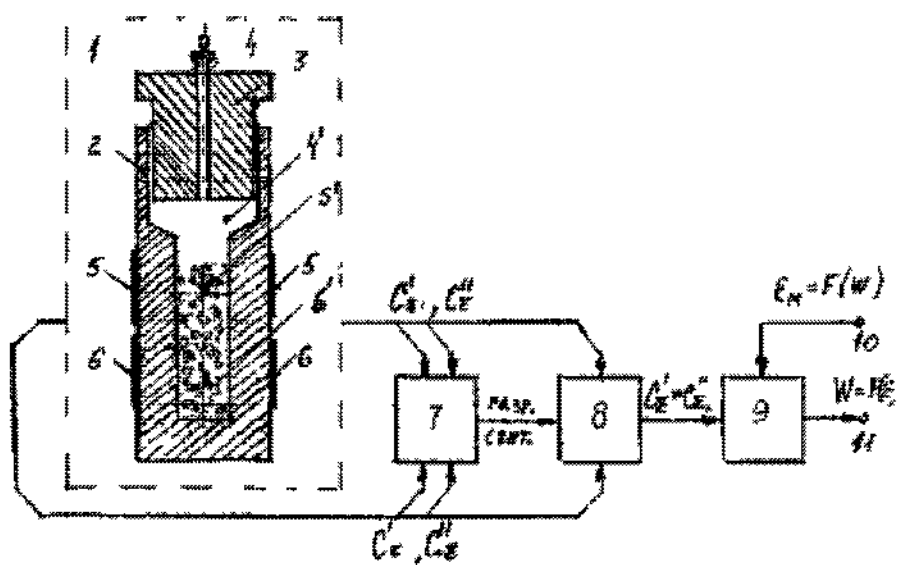
1 Засобу виміру вологості сільськогосподарських матеріалів. Експрес-інформація ЦНІИТЗІ приладобудування М, 1985, вип 6, стор 1-15 ISSN 0203-2309

2 Патент Японії № 56-16375, кл G01N 15/10, заявл 6 06 77, опубл 16 04 81 Пристрій для виміру вологості сипучих матеріалів

3 Авт Свид СРСР № 1402912, кл G01N 27/22, 1988, № 22

4 Авт Свид СРСР № 1125531А, кл G01N 27/22, 1984, № 43

5 Спосіб вимірювання вологості матеріалів та пристрій для його здійснення, МКВ⁵ G01N 27/22, пріоритет 22 06 93 В3604149/2 (1034)



Фиг.

ДП «Український інститут промислової власності» (Україпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71