



УКРАЇНА

(19) UA (11) 95573 (13) C2

(51) МПК

G01N 27/22 (2006.01)

G01N 15/08 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

1

(21) а201006991

(22) 07.06.2010

(24) 10.08.2011

(46) 10.08.2011, Бюл.№ 15, 2011 р.

(72) КУЦЕВОЛ ОЛЕГ МИКОЛАЙОВИЧ, КУЦЕВОЛ
МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ(73) КУЦЕВОЛ ОЛЕГ МИКОЛАЙОВИЧ, КУЦЕВОЛ
МИКОЛА ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(56) UA 75699 C2, 15.05.2006

UA 75700 C2, 15.05.2006

UA 75443 C2, 17.04.2006

UA 14659 U, 15.05.2006

SU 1578616 A1, 15.07.1990

SU 734548 A, 15.05.1980

RU 2187098 C2, 27.04.2002

US 20040025574 A1, 12.02.2004

UA 55453 C2, 15.04.2003

(57) Спосіб вимірювання вологості капілярно-
пористих матеріалів, який полягає в тому, що ви-
мірюють фазовий зсув між напругами на зразко-
вому елементі і ємнісному давачі вологості, уві-
мкнених послідовно, який відрізняється тим, що

2

додатково вимірюють струм, який протікає через
зразковий елемент і відносну діелектричну прони-
кність вологого матеріалу, а значення вологості
знаходять за формулою:

$$W = \frac{A_{с.з.} \cdot \epsilon_{в.м.} - A_{в.м.} \cdot \epsilon_{с.з.}}{A_{с.з.} \cdot \epsilon_{в.} - A_{в.} \cdot \epsilon_{с.з.}},$$

де $A_{с.з.}$ - відношення струму діелектричних втрат
до ємнісного струму сухого залишку;

$A_{в.м.}$ - відношення струму діелектричних втрат до
ємнісного струму вологого матеріалу;

$A_{в.}$ - відношення струму діелектричних втрат до
ємнісного струму води;

$\epsilon_{с.з.}$ - відносна діелектрична проникність сухого
залишку;

$\epsilon_{в.м.}$ - відносна діелектрична проникність вологого
матеріалу;

$\epsilon_{в.}$ - відносна діелектрична проникність води.

Винахід належить до вимірювальної техніки і
може використовуватись для визначення вологості
капілярно-пористих матеріалів із нестабільною
пористістю та об'ємною масою, наприклад зерна.

Відомий спосіб вимірювання вологості шляхом
зважування зразків матеріалу до і після висушу-
вання. За різницею мас вологого і сухого матеріа-
лу визначають вологість матеріалу (ГОСТ 13586.5-
93. Зерно. Метод определения влажности. - К.:
Госстандарт Украины, 1997).

Недоліком способу є велика трудомісткість,
енергоємність та значна суб'єктивна похибка вимі-
рювань.

За прототип вибраний спосіб вимірювання во-
логості, описаний в а.с. СРСР №734548, кл.
G01N27/22, 1980, який полягає в тому, що в послі-
довному колі з ємнісного давача вологості і зраз-
кового елемента вимірюється фазовий зсув між
напругами на зразковому елементі і ємнісному
давачі та подальшому визначенні вихідної напру-

ги, пропорційної вологості, реалізований в ємніс-
ному вимірюванні.

Цей спосіб має велику похибку, викликану не-
точністю визначення коефіцієнта пропорційності
між вологістю та вихідною напругою, а також знач-
ною залежністю вихідної напруги від нестабільної
пористості та об'ємної маси вологого матеріалу в
давачі.

В основу винаходу поставлена задача змен-
шення похибки вимірювання за рахунок того, що
додатково вимірюється струм, який протікає через
зразковий елемент, та відносна діелектрична про-
никність матеріалу, який знаходиться в ємнісному
давачі вологості, увімкненому послідовно із зраз-
ковим елементом, і знаходиться значення волого-
сті, яке безпосередньо визначається через вимі-
рювані величини без коефіцієнта пропорційності,
не залежить від пористості та об'ємної маси, що
приводить до підвищення точності вимірювань.

(13) C2

(11) 95573

(19) UA

Поставлена задача розв'язується тим, що в способі вимірювання вологості, в якому вимірюють фазовий зсув між напругами на зразковому елементі і ємнісному давачі вологості, увімкнених послідовно, додатково вимірюють струм, який протікає через зразковий елемент, та відносну діелектричну проникність вологого матеріалу, що знаходиться в ємнісному давачі вологості і знаходять вологість за такою формулою:

$$W = \frac{A_{C.3} \cdot \varepsilon_{B.M.} - A_{B.M.} \cdot \varepsilon_{C.3}}{A_{C.3} \cdot \varepsilon_B - A_B \cdot \varepsilon_{C.3}},$$

де $A_{C.3}$ - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму сухого залишку;

$A_{B.M.}$ - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму вологого матеріалу;

A_B - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму води;

$\varepsilon_{C.3}$ - відносна діелектрична проникність сухого залишку;

$\varepsilon_{B.M.}$ - відносна діелектрична проникність вологого матеріалу;

ε_B - відносна діелектрична проникність води.

На фіг.1 наведена еквівалентна схема послідовного кола із ємнісного давача вологості і зразкового елемента, а на фіг.2 його векторна діаграма.

Спосіб вимірювання полягає в тому, що вимірюють фазовий зсув між напругами на зразковому елементі і ємнісному давачі вологості, увімкнених послідовно, та додатково вимірюють струм, який протікає через зразковий елемент, і відносну діелектричну проникність вологого матеріалу, що знаходиться в ємнісному давачі вологості.

Використовуючи виміряні фазовий зсув φ та струм, що протікає через зразковий елемент, знаходимо струм діелектричних втрат I_R та ємнісний струм вологого матеріалу I_C з діаграми фіг.2:

$$I_R = I \cdot \cos \varphi;$$

$$I_C = I \cdot \sin \varphi.$$

I перша, і друга складові струму I залежать від вологості досліджуваного капілярно-пористого матеріалу.

Знаходимо їх відношення A , значення якого також буде залежати від вологості, а також від масової частки вологи та сухого залишку у вологому капілярно-пористому матеріалі,

$$A = \frac{I_R}{I_C}.$$

Від масової долі вологи і сухого залишку у вологому капілярно-пористому матеріалі буде залежати також значення відносної діелектричної проникності цього матеріалу.

З огляду на це, можна скласти систему рівнянь, яка характеризує вологий капілярно-пористий матеріал:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{B.M.} &= \frac{m_{C.3}}{m_{B.M.}} \varepsilon_{C.3} + \frac{m_B}{m_{B.M.}} \varepsilon_B, \\ A_{B.M.} &= \frac{m_{C.3}}{m_{B.M.}} A_{C.3} + \frac{m_B}{m_{B.M.}} A_B \end{aligned} \quad (1)$$

де $A_{C.3}$ - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму сухого залишку;

$A_{B.M.}$ - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму вологого матеріалу;

A_B - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму води;

$\varepsilon_{C.3}$ - відносна діелектрична проникність сухого залишку;

$\varepsilon_{B.M.}$ - відносна діелектрична проникність вологого матеріалу;

ε_B - відносна діелектрична проникність води.

Розв'язуючи систему (1), знаходимо відношення $\frac{m_B}{m_{B.M.}}$:

$$\frac{m_B}{m_{B.M.}} = \frac{A_{C.3} \cdot \varepsilon_{B.M.} - A_{B.M.} \cdot \varepsilon_{C.3}}{A_{C.3} \cdot \varepsilon_B - A_B \cdot \varepsilon_{C.3}}, \quad (2)$$

оскільки за визначенням вологість - це:

$$W = \frac{m_B}{m_{B.M.}} \cdot 100\%,$$

то, помноживши вираз (2) на 100, одержимо значення вологості у відсотках:

$$W = \frac{A_{C.3} \cdot \varepsilon_{B.M.} - A_{B.M.} \cdot \varepsilon_{C.3}}{A_{C.3} \cdot \varepsilon_B - A_B \cdot \varepsilon_{C.3}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $A_{C.3}$ - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму сухого залишку;

$A_{B.M.}$ - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму вологого матеріалу;

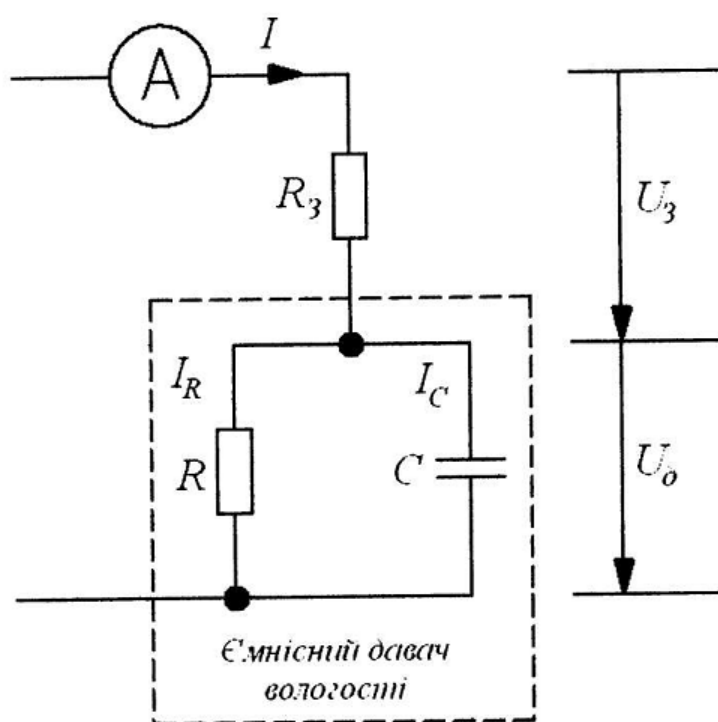
A_B - відношення струму діелектричних втрат до ємнісного струму води;

$\varepsilon_{C.3}$ - відносна діелектрична проникність сухого залишку;

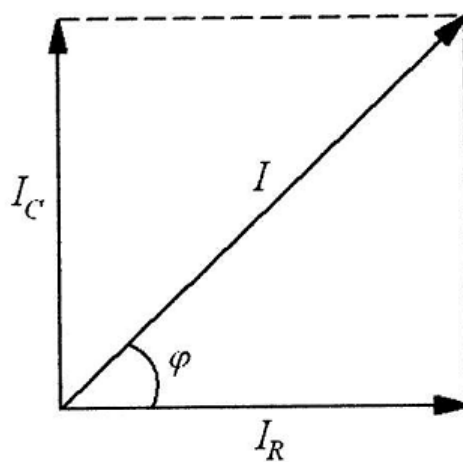
$\varepsilon_{B.M.}$ - відносна діелектрична проникність вологого матеріалу;

ε_B - відносна діелектрична проникність води.

З аналізу виразу (3) очевидно, що він є аналітичним виразом, який безпосередньо пов'язує вологість капілярно-пористого матеріалу із вимірюваними величинами: фазовим зсувом φ між напругами на ємнісному давачі вологості, струмом зразкового елемента та відносною діелектричною проникністю. Вологість, визначена за виразом (3), не залежить від маси досліджуваного капілярно-пористого матеріалу та неточності коефіцієнта пропорційності, який в даному виразі відсутній, а це дає можливість проводити вимірювання із високою точністю.



Фіг. 1



Фіг. 2