



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **104491** (13) **C2**
(51) МПК
G01N 13/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

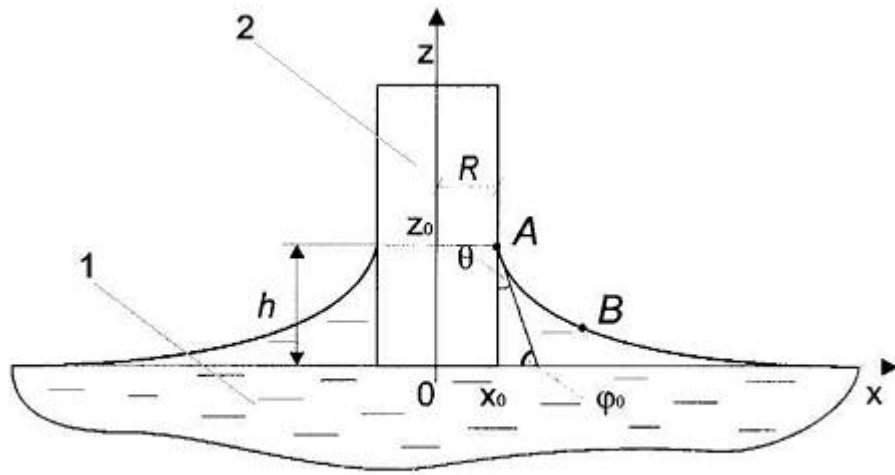
<p>(21) Номер заявки: а 2012 04602</p> <p>(22) Дата подання заявки: 12.04.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.02.2014</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.10.2013, Бюл.№ 20</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2014, Бюл.№ 3</p>	<p>(72) Винахідник(и): Кісіль Ігор Степанович (UA), Барна Ольга Борисівна (UA), Біліщук Віктор Борисович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 81999 C2; 25.02.2008 UA 75515 C2; 17.04.2006 SU 1182338 A; 30.09.1985 SU 434296; 30.06.1974 GB 2265222 A; 22.09.1993 US 6119511; 19.09.2000 KR 20010074394 A; 04.08.2001</p>
--	---

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ І КРАЙОВОГО КУТА ЗМОЧУВАННЯ НА МЕЖАХ РОЗДІЛУ ФАЗ МЕТОДОМ РОЗГОРНУТОГО МЕНІСКА

(57) Реферат:

Винахід стосується вимірювальної техніки. Спосіб визначення поверхневого натягу і крайового кута змочування на межах розділу фаз методом розгорнутого меніска включає вимірювання ваги рідини у сформованому меніску навколо циліндра із досліджуваного твердого тіла при зануренні його нижнього кінця в досліджувану рідину та визначення висоти підняття меніска на циліндричній поверхні вертикального циліндра. Згідно з винаходом, отримують експериментальний профіль розгорнутого меніска на межі розділу рідина-газ за допомогою джерела паралельного світла, світлочутливої матриці та пристрою прийому і передачі сигналу від світлочутливої матриці. Оцифровують дані отриманого експериментального профілю меніска за допомогою персонального комп'ютера. На основі результатів оцифрування розраховують висоту підняття меніска, а також розраховують координати неякісно отриманих або відсутніх ділянок всього експериментального профілю від бокової поверхні вертикального циліндра до горизонтальної поверхні досліджуваної рідини, які враховують при подальших розрахунках. Далі розраховують шляхом зміни значень поверхневого натягу і крайового кута змочування такий теоретичний профіль всього розгорнутого меніска, який відповідає всьому експериментальному контуру розгорнутого меніска. Як значення поверхневого натягу і крайового кута змочування вибирають ті значення цих параметрів, які відповідають розрахованому теоретичному профілю всього розгорнутого меніска. Спосіб забезпечує підвищення точності за рахунок зменшення похибок вимірювань.

UA 104491 C2



Фиг. 1

Винахід стосується вимірювальної техніки, а саме приладів для вимірювання поверхневих властивостей на межах розділу фаз.

Відомий спосіб визначення поверхневого натягу (Хантадзе Д.В., Чантурия З.А., Окрошвили Т.Г. И др. // Физическая химия поверхностных явлений при высоких температурах / Под. ред. Еременко В.Н. - Киев: Наукова думка, 1971. - С. 82-86), в якому вимірюють висоти двох вертикальних відрізків $H_{\pi/6}$ і $H_{\pi/4}$ між горизонтальним рівнем рідини і двома точками перетину вертикальної осі циліндра дотичними, проведеними до профілю меніска, утвореного між бічною поверхнею вертикального циліндра і горизонтальною поверхнею досліджуваної рідини, в яку занурений цей циліндр, під кутами $\pi/6$ і $\pi/4$ до горизонтальної поверхні рідини. Значення поверхневого натягу розраховують, використовуючи табличні дані залежності $\sigma=f(H_{\pi/6}/H_{\pi/4}, \Delta\rho, g)$, де $\Delta\rho$ - різниця густин рідкої і газоподібної фаз, g - прискорення вільного падіння. Недоліком даного методу є необхідність проведення вказаних дотичних до профілю меніска тільки у двох точках із заданими кутами, що є складною процедурою, а також низька точність визначення поверхневого натягу σ за табличними даними по координатах тільки двох точок, причому даний метод може бути використаний тільки при значеннях крайових кутів змочування θ від 0° до 45° .

Найбільш близький до винаходу по сукупності ознак є спосіб визначення параметрів капілярних сил на межі поділу фаз (Пат. 81999 Україна, МПК G01N 13/00. Спосіб спільного визначення параметрів капілярних сил на межі поділу фаз. / Луданов К.І.; заявка № а200606652; заявл. 15.06.2006; опубл. 25.02.2008, Бюл. № 4/2008), що включає вимірювання висоти h підняття крайки меніска рідини на циліндричній поверхні вертикальної нитки радіусом R з досліджуваного матеріалу, одночасне вимірювання ваги меніска ΔW , який висить на нитці, а величини параметрів капілярних сил θ і α визначають за відповідними формулами, при цьому крайовий кут змочування θ розраховують методом послідовних наближень із функції $\theta_{i+1}=f(\theta_i, h/R, \Delta W)$, а капілярну сталу α визначають після розрахунку θ . Однак експериментально визначити точні координати точки трифазного контакту саме на боковій поверхні циліндра по розмитому в цій точці оптичному зображенню профілю меніска досить складно. Похибка в 0,1 мм при експериментальному визначенні висоти h , чого також досягти практично досить важко, призводить до похибок у визначенні θ і α в 1,1 %.

В основу винаходу поставлено задачу підвищити точність визначення поверхневого натягу і крайового кута змочування шляхом визначення висоти підняття меніска методом апроксимації із якісно отриманих точок профілю розгорнутого експериментального меніска, а також порівняння теоретичного контуру меніска із експериментальним.

Поставлена задача вирішується завдяки тому, що у способі визначення поверхневого натягу і крайового кута змочування на межах розділу фаз методом розгорнутого меніска, що включає вимірювання ваги рідини у сформованому меніску навколо циліндра із досліджуваного твердого тіла при зануренні його нижнього кінця в досліджувану рідину та визначення висоти підняття меніска на циліндричній поверхні вертикального циліндра, згідно з винаходом, отримують експериментальний профіль розгорнутого меніска на межі розділу рідина-газ за допомогою джерела паралельного світла, світлочутливої матриці та пристрою прийому і передачі сигналу від світлочутливої матриці, оцифровують дані отриманого експериментального профілю меніска за допомогою персонального комп'ютера, на основі результатів оцифрування розраховують висоту підняття меніска, а також розраховують координати неякісно отриманих або відсутніх ділянок всього експериментального профілю від бокової поверхні вертикального циліндра до горизонтальної поверхні досліджуваної рідини, які враховують при подальших розрахунках, далі розраховують шляхом зміни значень поверхневого натягу і крайового кута змочування такий теоретичний профіль всього розгорнутого меніска, який відповідає всьому експериментальному контуру розгорнутого меніска, а як значення поверхневого натягу і крайового кута змочування вибирають ті значення цих параметрів, які відповідають розрахованому вищезазначеним чином теоретичному профілю всього розгорнутого меніска.

Запропонований спосіб визначення поверхневого натягу і крайового кута змочування на межах розділу фаз дозволяє визначити поверхневі властивості рідини з меншою похибкою завдяки використанню точок всього експериментального профілю розгорнутого меніска рідини та ітераційного методу розрахунку теоретичного профілю меніска рідини шляхом зміни θ і σ з найменшими відхиленнями від експериментального профілю розгорнутого меніска рідини.

На фіг. 1 зображено загальний вигляд розгорнутого меніска, утвореного навколо циліндра 2 із досліджуваного твердого тіла при зануренні його нижнього кінця в досліджувану рідину 1, R - радіус циліндра, h - висота підняття меніска на боковій поверхні циліндра, A - точка трифазного контакту на боковій поверхні циліндра, B - біжуча точка профілю розгорнутого меніска. На фіг. 2 зображена функціональна схема пристрою для визначення крайового кута змочування і поверхневого натягу рідини, який реалізує запропонований спосіб, де 1 - досліджувана рідина; 2

- циліндр із досліджуваного твердого тіла; 3 - мікровага; 4 - профіль розгорнутого меніска із досліджуваної рідини, утворений навколо циліндра; 5 - джерело паралельного світла; 6 - світлочутлива матриця; 7 - пристрій прийому і передачі сигналу із світлочутливої матриці 6; 8 - персональний комп'ютер.

5 Спосіб здійснюється наступним чином.

Попередньо вимірюють густину досліджуваної рідини будь-яким методом, наприклад пікнометричним. Занурюють циліндр 2 із досліджуваного матеріалу з відомим радіусом у досліджувану рідину. За допомогою мікроваги 3 вимірюють вагу рідини у сформованому меніску навколо циліндра із досліджуваного твердого тіла, отримують експериментальний профіль розгорнутого меніска 4 на межі розділу рідина-газ за допомогою світлочутливої матриці 6 і пристрою 7 для прийому та передавання сигналу від світлочутливої матриці, оцифровують отримані дані експериментального профілю розгорнутого меніска за допомогою персонального комп'ютера 8, розраховують шляхом апроксимації якісно отриманих ділянок профілю координати неякісно отриманих або відсутніх ділянок всього експериментального профілю від бокової поверхні вертикального циліндра до горизонтальної поверхні досліджуваної рідини, включаючи і ділянку безпосередньо біля бокової стінки вертикального циліндра. Для розрахунку координат точок теоретичного профілю розгорнутого меніска використовують наступну систему диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} d\varphi/dl + \sin \varphi / x = -\frac{\Delta\rho g}{\sigma} z; \\ d\sin \varphi / dx + \sin \varphi / x = -\frac{\Delta\rho g}{\sigma} z; \\ d\cos \varphi / dz + \sin \varphi / x = -\frac{\Delta\rho g}{\sigma} z, \end{cases} \quad (1)$$

20 де x, z - координати біжучої точки В (фіг. 1) теоретичного контуру розгорнутого меніска; φ - кут між горизонтальною поверхнею і дотичною, проведеною до точки з координатами z і x ;

l - довжина дуги меніска;

$\Delta\rho$ - різниця густин рідкої і газоподібної фаз;

25 g - прискорення вільного падіння.

Для розв'язування системи (1) числовим методом, наприклад, методом Рунге-Кутта, задають початкові умови: кут φ_0 і координати z_0, x_0 для точки трифазного контакту А (фіг. 1), густину ρ і поверхневий натяг σ рідини. В такому випадку значення x_0 відповідає радіусу R циліндричного твердого тіла, яке занурили у рідину, z_0 - висоті меніска рідини h (фіг. 1), густину рідини ρ попередньо визначають будь-яким відомим методом, а значення φ_0 і σ визначають ітераційним методом, описаним нижче.

1. Із координат точок профілю експериментального меніска шляхом апроксимації його частини на ділянці точки трифазного контакту поліномом 5-го порядку визначають висоту z_0 меніска і відповідне йому φ_0 . Розраховують значення крайового кута змочування $\theta=90^\circ-\varphi_0$.

35 2. Задають межі $[\varphi_{\text{поч.}}, \varphi_{\text{кінц.}}]$ зміни значень кута φ_0 в ітераційній процедурі

$$\varphi_{\text{поч.}}=\varphi_0-0,2\varphi_0; \varphi_{\text{кінц.}}=\varphi_0+0,2\varphi_0. \quad (1)$$

3. Розраховують на k -ій ітерації ($k \in [0; n]$) значення поверхневого натягу σ_k за допомогою виразу

$$\sigma_k=mg/(2\pi x_0 \cos\theta), \quad (2)$$

40 де m - маса меніска, яку визначають за допомогою мікроваги.

4. Визначають такі параметри згідно з задачею оптимізації:

$$U_1=\varphi_{\text{кінц.}}-0,61(\varphi_{\text{кінц.}}-\varphi_{\text{поч.}}); U_2=\varphi_{\text{поч.}}+0,61(\varphi_{\text{кінц.}}-\varphi_{\text{поч.}}). \quad (3)$$

5. Розраховують координати точок двох теоретичних менісків, задаючи значення

$$\varphi_{01}=U_1 \text{ і } \varphi_{02}=U_2.$$

45 З метою визначення ступеня відповідності координат точок розрахованих двох теоретичних менісків координатам точок експериментального меніска пропонується розраховувати відхилення S координат точок цих менісків згідно з виразом

$$S = \frac{1}{N_e} \sqrt{\sum_{i=1}^{N_e} ((x_{ei} - x_{mj})^2 + (z_{ei} - z_{mj})^2)}, \quad (4)$$

50 де $x_{ei}, z_{ei}, x_{mj}, z_{mj}$ - координати точок експериментального і теоретичного менісків, N_e - кількість точок експериментального меніска.

При розрахунку параметра S , згідно з (4), точки теоретичного меніска вибирають таким чином, щоб виконувалась умова

$$|z_{ei}/x_{ei} - z_{mj}/x_{mj}| \rightarrow \min. \quad (5)$$

Для теоретичного меніска, який відповідає експериментальному, значення параметра S є мінімальним, що використовують в даному ітераційному методі для розрахунку відповідного експериментальному меніску теоретичного меніска.

5 6. Згідно з (4) розраховують параметри S_1 і S_2 для двох теоретичних менісків, отриманих із значеннями φ_{01} і φ_{02} . Якщо $S_1 > S_2$, тоді приймають $\varphi_{поч.} = U_1$, в іншому випадку приймають $\varphi_{кінц.} = U_2$.

7. Якщо $(\varphi_{кінц.} - \varphi_{поч.}) > 0,001$, то розрахунок теоретичного меніска згідно з пп. 4-6 повторюють для нових значень $\varphi_{поч.}$ і $\varphi_{кінц.}$. В іншому випадку розрахунок припиняють і за отримане значення φ_0 приймають $\varphi_0 = 0,5(\varphi_{кінц.} + \varphi_{поч.})$ і відповідне йому значення $\theta = 90^\circ - \varphi_0$.

8. Розраховують нове значення поверхневого натягу σ_{k+1} згідно з виразом (2). Якщо $|\sigma_{k+1} - \sigma_k| > 10^{-6}$, то розрахунок σ , φ_0 і θ повторюють згідно з пп. 3-7, в іншому випадку за значення поверхневого натягу σ і крайового кута змочування θ приймають значення, отримані на $k+1$ ітерації.

15

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб визначення поверхневого натягу і крайового кута змочування на межах розділу фаз методом розгорнутого меніска, що включає вимірювання ваги рідини у сформованому меніску навколо циліндра із досліджуваного твердого тіла при зануренні його нижнього кінця в досліджувану рідину та визначення висоти підняття меніска на циліндричній поверхні вертикального циліндра, який **відрізняється** тим, що отримують експериментальний профіль розгорнутого меніска на межі розділу рідина-газ за допомогою джерела паралельного світла, світлочутливої матриці та пристрою прийому і передачі сигналу від світлочутливої матриці, оцифровують дані отриманого експериментального профілю меніска за допомогою персонального комп'ютера, на основі результатів оцифрування розраховують висоту підняття меніска, а також розраховують координати неякісно отриманих або відсутніх ділянок всього експериментального профілю від бокової поверхні вертикального циліндра до горизонтальної поверхні досліджуваної рідини, які враховують при подальших розрахунках, далі розраховують шляхом зміни значень поверхневого натягу і крайового кута змочування такий теоретичний профіль всього розгорнутого меніска, який відповідає всьому експериментальному контуру розгорнутого меніска, а як значення поверхневого натягу і крайового кута змочування вибирають ті значення цих параметрів, які відповідають розрахованому вищезазначеним чином теоретичному профілю всього розгорнутого меніска.

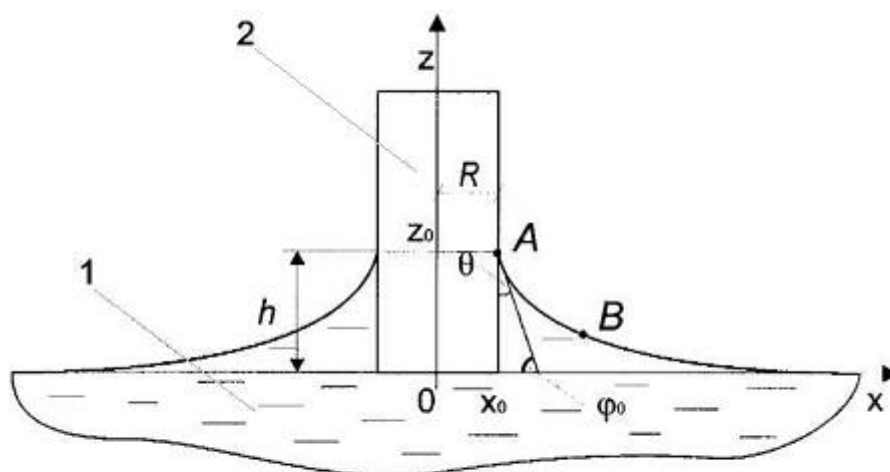
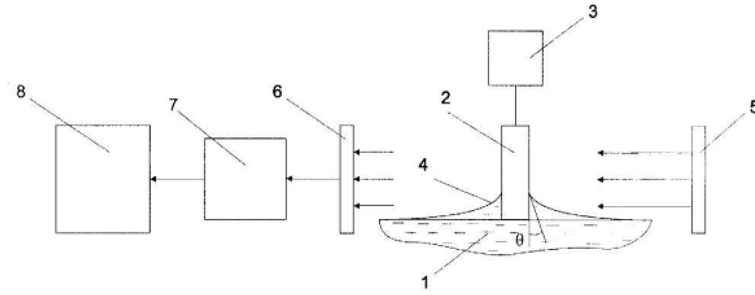


Fig. 1



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601