



УКРАЇНА

(19) UA (11) 35838 (13) A

(51) B G01F1/28

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ МАСОВИХ ВИТРАТ РІДИНИ ІЗ ЗМІННОЮ ОБ'ЄМНОЮ ГУСТИНОЮ

(21) 98126741

(22) 22.12.1998

(24) 16.04.2001

(33) UA

(46) 16.04.2001, Бюл. № 3, 2001 р.

(72) Кондратець Василь Олександрович

(73) КІРОВОГРАДСЬКИЙ ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКО-  
ГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

(57) 1. Спосіб вимірювання масових витрат рідини із змінною об'ємною густиною, що полягає в акумулюванні та випуску рідини з накопичувальної ємкості і визначенні параметрів потоку, який відрізняється тим, що рідину із акумулюючої ємкості випускають через патрубок, визначають гідродинамічне зусилля на виході із патрубка, рівень рідини, шуканий параметр знаходять як відношення гідродинамічної сили до кореня квадратного із величини рівня рідини при умов, що пульсації рівня не

перевищують установленної межі, а сам процес здійснюють в діапазоні 0,75... 1,0 найбільшого значення рівня.

2. Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що випуск рідини через патрубок припиняють при досягненні нижньої точки діапазону вимірювання або виникненні пульсацій рівня, вищих установленної межі з можливим наступним переривом припливу середовища при підході до найбільшого значення висоти.

3. Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що добуток площі поперечного перерізу накопичувальної ємкості і найбільшого значення рівня приймають з умов забезпечення допустимої амплітуди пульсації стовпа рідини при збурюючих діях потоку.

Винахід відноситься до витратометрії і дозволяє підвищити точність вимірювання масових витрат пульсуючих потоків рідини із змінною об'ємною густиною і може бути використаним в різних галузях промисловості, де існують потоки із змінною об'ємною густиною рідини та пульсаціями, а також у сільському господарстві, зокрема, для вимірювання потоків молока в процесах його виробництва.

Відомий спосіб вимірювання масових витрат реалізує залежність:

$$Q_M = Q_V \gamma = \mu \gamma S_0 \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

де  $Q_M$  - масові витрати рідини;  $Q_V$  - об'ємні витрати рідини;  $\gamma$  - об'ємна густина рідини;  $\mu$ ,  $S_0$ ,  $g$  - постійні;  $H$  - рівень рідини.

Для реалізації відомого способу необхідно вимірювати два параметри - об'ємні витрати і об'ємну густину (Нестеров Г.С., Нестерова Н.А., Батанов А.И. Управление технологическими процессами на обогатительных фабриках. - М.: Недра, 1966) або об'ємну густину і рівень рідини (Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1989). При цьому використовують витратоміри змінного рівня

з затопленим отвором (Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1989. - С. 216), щілинні витратоміри (Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1989. - С. 219) і переважно гідростатичні густиноміри (Кивилис С.С. Плотномеры. - М.: Энергия, 1980. - С. 162).

Найбільш близьким технічним рішенням до винаходу, є відомий спосіб, який полягає в акумулюванні та випуску рідини з накопичувальної ємкості і визначенні параметрів потоку (рівня і густини) (Нестеров Г.С., Нестерова Н.А., Батанов А.И. Управление технологическими процессами на обогатительных фабриках. - М.: Недра, 1966. - С. 117, рис. IV.19). Даний спосіб дозволяє вимірювати масові витрати рідини, але не забезпечує достатньо високої точності, яка сьогодні вимагається багатьма технологічними і виробничими процесами. Це переважно із-за того, що густиноміри для забезпечення достатньої точності вимагають великої висоти стовпа рідини (наближено 1 м), створюють запізнення, викривляють показання із-за насичення рідини газом, який неперервно продувається, коливання гідравлічних параметрів (Кивилис С.С. Плотномеры. - М.: Энергия, 1980. - С. 200). Пульсації потоку значно знижують його точність.

Задача, яку реалізує запропонований спосіб, полягає в підвищенні точності вимірювання масових витрат рідини в умовах зміни густини рідини, дії пульсації і нерівномірності потоку.

Поставлена задача розв'язується завдяки тому, що на відміну від відомого способу вимірювання масових витрат рідини її з накопичувальної ємкості випускають через патрубок, на кінці якого вимірюють гідродинамічну силу  $F$  потоку, а в самій ємкості визначають рівень рідини  $H$ , за якими шукані масові витрати рідини знаходять як відношення  $F/\sqrt{H}$  при умові, що пульсації рівня рідини не перевищують установленної границі, а процес вимірювання здійснюють в діапазоні 0,75.. 1,0 найбільшого значення рівня. Крім того, випуск рідини через патрубок припиняють при досягненні нижньої точки діапазону вимірювання 0,75  $H_{MAX}$  або при виникненні небезпечних з точки зору точності пульсації рівня з послідуною зупинкою припливу рідини при досягненні найбільшого  $H_{MAX}$  значення рівня. Для підвищення точності, завдяки зменшенню похибки від пульсації рівня рідини, добуток площі поперечного перерізу накопичувальної ємкості і найбільшого значення рівня приймають з умов забезпечення допустимої амплітуди пульсації рівня рідини при збурюючих діях потоку.

На фіг. 1 і фіг. 2 зображені схеми вимірювання масових витрат рідини відомим і запропонованим способом.

З приведених схем видно сутність вимірювання масових витрат обома способами. В обох випадках рідина подається каналом 1 і накопичується в ємкості 2, вимірюється рівень рідини рівнеміром. У відомому способі (фіг. 1) передбачене вимірювання густини рідини густиноміром 3 з перетворювачем 4 і рівня перетворювачем 5. Обчислювальний блок 6 визначає добуток сигналів, який фіксується реєструючим приладом 7. Густиномір в даних умовах вимірювання не може забезпечити високої точності, тому результуюча похибка на виході реєстратора буде ще більшою. Крім того, похибка значно збільшується при дії пульсації і за рахунок запізнювання в колі густиноміра, що створює неспівпадіння сигналів в часі.

В запропонованому способі (фіг. 2) із каналу 1 рідина надходить до накопичувальної ємкості 2 і заповнює її та патрубок 3. Накопичувальна ємкість і патрубок створюють гідравлічний перетворювач для якого справедливі залежності (1) і:

$$F = 2gK_1\gamma d_{\Gamma}\varphi \frac{\mu}{\varepsilon} H, \quad (2)$$

де  $K_1$ ,  $g$ ,  $\varphi$ ,  $\mu$ ,  $\varepsilon$  - постійні;  $d$  - діаметр тіла обтікання;  $d_{\Gamma}$  - діаметр патрубка;  $F$  - гідродинамічна сила, яка створюється потоком при взаємодії з тілом обтікання.

Об'єднуючи рівняння (1) і (2), отримаємо:

$$F = \frac{K_1 d d_{\Gamma} \varphi}{S_0 \varepsilon} \sqrt{2gHQ_M}, \quad (3),$$

звідки масові витрати рідини:

$$Q_M = \frac{S_0 \varepsilon}{\sqrt{2gK_1 d d_{\Gamma} \varphi}} \cdot \frac{F}{\sqrt{H}}, \quad (4)$$

де вираз:

$$\frac{S_0 \varepsilon}{\sqrt{2gK_1 d d_{\Gamma} \varphi}} = const = K, \quad (5)$$

тому:

$$Q_M = K \frac{F}{\sqrt{H}}, \quad (6)$$

Таким чином, масові витрати в гідравлічному перетворювачі можна визначати за відношенням  $F/\sqrt{H}$ . Канал вимірювання гідродинамічної сили з тілом обтікання 4 і перетворювачем сили 5 замінює пристрій визначення об'ємної густини у відомому способі (фіг. 1). Його сигнал прямо пропорційно залежить від густини у рідини, перетворювач має високу чутливість однаково реагує на будь-яке значення параметра, не залежить від інших змінних величин, вплив зміни  $H$  частково компенсується при виконанні операції ділення, тому спосіб забезпечує більш високу точність вимірювання масових витрат рідини порівняно з існуючим.

Ще одним важливим фактором забезпечення точності вимірювання запропонованим способом є співпадіння фаз сигналів гідродинамічної сили і рівня рідини. Похибка вимірювання, яку створюють пульсації в подібних системах за рахунок проходження сигналів через перетворювачі 5 і 6, обчислювальний блок 7 і подільник 8 до реєстратора 9, не може бути ліквідованою, тому реєстрацію вихідної величини блоком 9 здійснюють лише в умовах, коли пульсації рівня або відсутні, або незначні (допустимі з міркувань виникнення додаткової похибки). Пульсації рівня вимірюють датчиком 10.

Якщо пульсації відсутні або малі і приплив рідини нормальний, то відбувається неперервне вимірювання масових витрат. При зниженні рівня рідини до мінімального значення  $H_{MIN}=0,75H_{MAX}$  по сигналу перетворювача 6 спрацює логічна схема 11 і запірним елементом 12 перекриє вихід патрубка 3. Сигнал блока 5 буде дорівнювати нулю і реєстрація вихідної величини автоматично припиниться. При наповненні накопичувальної ємкості 2 рідиною до верхнього рівня  $H_{MAX}$  знову спрацює блок 11 і відкриє вихід патрубка. Робота реєстратора 9 продовжиться. Якщо по якійсь причині виникнуть значні пульсації рівня, то вони будуть зафіксовані блоком 10 і в будь-якій точці діапазону вимірювання  $Q_M$  припиняться, патрубок 3 буде закритим, що в режимі пульсацій напевне накопичувальну ємкість до найбільшого рівня. Якщо пульсації не припиняться, то по команді блока 13 запірним органом 14 буде закритий канал 1. Вимірювання відбудуться в межах від  $H_{MAX}$  до  $H_{MIN}$  без пульсації. Далі робота схеми відновиться.

Безперебійність і точність вимірювань в умовах пульсацій потоку забезпечують вибором параметрів гідравлічного перетворювача і середовища. Для даного гідравлічного перетворювача справедлива залежність:

$$v = \frac{Q_{VMAX}}{SH_{MAX}}, \quad (7)$$

де  $v$  - чутливість перетворювача до збурень потоку,  $Q_{VMAX}$  - найбільше значення об'ємних витрат;  $S$  - площа поперечного перерізу накопичувальної ємкості;  $H_{MAX}$  - найбільше значення рівня рідини. При реалізації запропонованого способу вимірювання необхідно забезпечити задане значення  $Q_{VMAX}$ . Це легко зробити, так як при будь-якій висоті  $H$  за рахунок зміни діаметра патрубків можна забезпечити необхідне значення  $Q_{VMAX}$ . Із залежності (7) витікає, що, чим більша площа  $S$  поперечного перерізу накопичувальної ємкості і чим більше максимальне значення рівня рідини, тим менша чутливість гідралічного перетворювача до збурень. Її можна практично як завгодно зменшувати, так як  $S$  і  $H_{MAX}$  в запропонованому способі не мають обмежень в широкому діапазоні їх зміни. Зменшуючи  $v$  гідралічного перетворювача, можна рівень пульсації відносно  $H_{MAX}$  знизити так, що їх вплив буде зовсім незначним. Щоб за-

побігти шкідливому впливу пульсацій і діапазон зміни рівня вибирають в межах  $(0,75 \dots 1,0) H_{MAX}$ . Дана умова забезпечує практично неперервну роботу приладу, якщо не буде відхилень технологічного процесу від нормального ходу. При відхиленнях можуть виникнути перебої в надходженні вимірюваного середовища або збільшитись пульсації. В таких ситуаціях даний спосіб передбачає допоміжні заходи щодо забезпечення високої точності вимірювання - це припинення випуску рідини при досягненні  $H_{MIN}$  та накопичення її в пульсуючому стані, а випуск - в спокійному.

Для отримання порівняльних даних проводились вимірювання масових витрат рідини існуючим і запропонованим способом. Змінювали масові витрати, об'ємну густину рідини і пульсації потоку. Точність в обох варіантах визначається як безпосередньо самим способом вимірювання, так і класом точності вимірювальних засобів, які використовують. Тому приймались всі засоби вимірювання необхідних параметрів одного класу точності.

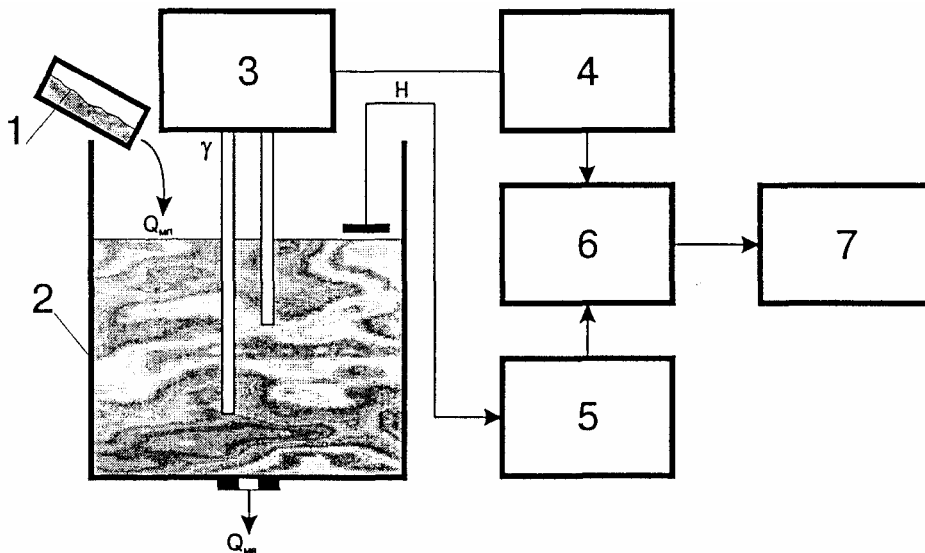
Порівняльні експериментальні показники для способів вимірювання масових витрат рідини наведені в таблиці.

Таблиця

Спосіб вимірювання масових витрат	Масові витрати рідини, кг/с	Густина рідини, г/см	Відносна похибка вимірювання масових витрат, %
1. Існуючий	0,1 ... 0,5	0,7 ... 1,1	$\pm(2,2 \dots 3,25)$
2. Запропонований	0,1 ... 0,5	0,7 ... 1,1	$\pm 1,5$

Як видно з таблиці, запропонований спосіб вимірювання масових витрат рідини дозволяє різко знизити похибку вимірювання параметра, осо-

бливо в умовах зміни густини, дії пульсацій і нерівномірності подачі середовища.



Фіг. 1

