



УКРАЇНА

(19) UA (11) 15275 (13) U  
(51) МПК (2006)  
G01F 1/68  
G01P 5/10

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ НЕСТАЦІОНАРНОГО ПОТОКУ РІДКОГО АБО ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА

1

2

(21) u200600106

(22) 03.01.2006

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Бокій Борис Всеволодович, Деглін Борис Мойсєєвич, Єфремов Ігор Олексійович, Мелконян Ашот Аркадійович

(73) ОРЕНДНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ШАХТА ІМ. О.Ф. ЗАСЯДЬКА", ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ЗУА"

(57) Спосіб вимірювання витрати нестационарного потоку рідкого або газового середовища, який включає вимірювання параметрів термочутливого елемента, що опосередковує контакт з потоком рідкого або газового середовища, фіксацію цих параметрів у часі та визначення за виміряними параметрами витрати потоку рідкого або газового середовища, який **відрізняється** тим, що попередньо визначають порядок величини першої похідної від витрати потоку рідкого або газового середовища, після чого визначають інтервали часу  $\Delta\Theta$

між суміжними відліками параметрів термочутливого елемента із співвідношення:

$$\Delta\Theta < 0,1 - 1 - \frac{d^2q}{dt^2} * \frac{1}{\delta},$$

та постійну часу С термочутливого елемента із співвідношення:

$$C = (0,05-0,2) \Delta\Theta,$$

де  $\frac{d^2q}{dt^2}$  - перша похідна від витрати потоку рідкого або газового середовища, л/с ;

$\delta$  - відносна помилка вимірювання параметра термочутливого елемента, л/с, визначають величину масиву відліків m вимірювання параметрів за формулою:

$$m = 3 - \frac{L}{\delta},$$

де L - інтервал змінювання параметрів потоку, л/с, а величину витрати визначають, підсумовуючи частинні відліки параметрів за загальний час вимірювання.

Корисна модель відноситься до способів вимірювання витрат рідкого або газового середовища та може бути використана для вимірювання витрати стаціонарних, а також нестационарних, у тому числі наростаючих та спадаючих по інтенсивності, потоків.

Відомий спосіб [RU, заявка № 2002132839/28, кл. С 01 F 1/34, опубл. 10.06.2004р.] визначення витрати пульсуючого потоку газу на магістральному газогоні, який включає вимірювання температури та тиску на діафрагмі, спектральний розподіл пульсацій газового потоку та вимірювання пульсацій газового потоку з частотою, принаймні, вдвічі більшою, ніж максимальна частота пульсацій, знаходження усередненого значення підкоренового виразу і вимірювання витрати газу з урахуванням коефіцієнта витрати.

За цим способом неможливо визначити витрату потоку газу, що має лінійний або експоненційний тренд, параметри якого випадковим чином змінюються, тому що за таких обставин неможливо точно вимірювати спектральний розподіл пульсацій.

Найбільш близьким аналогом корисної моделі є спосіб [UA, № 49035, кл. G01 F 1/68, G 01 P 5/12, опубл. 16.09.2002 р.] вимірювання витрати потоку рідкого або газового середовища, який включає нагрівання термочутливого елемента, що опосередковує контакт з потоком рідкого або газового середовища, охолодження його після нагрівання потоком середовища, вимірювання температури  $t_{сер}$  середовища, фіксацію двох моментів часу в процесі охолодження термочутливого елемента, врахування двох значень температури  $t_1$  і  $t_2$  у вказані моменти часу та вимірювання інтервалу часу

(13) U

(11) 15275

(19) UA

$\Delta T$  між вказаними моментами, при цьому врахування двох вказаних значень температури здійснюють вибором вказаних моментів часу на експоненційній ділянці функції охолодження термочутливого елемента, вимірюванням відношення:

$$(t_1 - t_{cp}) / (t_2 - t_{cp})$$

та обчислюванням постійної часу  $\tau$  експоненційної ділянки функції охолодження термочутливого елемента за формулою:

$$\tau = \frac{\Delta T}{\ln \frac{t_1 - t_{cp}}{t_2 - t_{cp}}},$$

а витрату потоку рідкого або газового середовища визначають за виміряними значеннями температури середовища та постійної часу.

Ознаки найближчого аналогу, що співпадають з суттєвими ознаками запропонованої корисної моделі: вимірювання параметрів термочутливого елемента, що опосередковує контакт з потоком рідкого або газового середовища; фіксацію цих параметрів у часі; визначення по вимірним параметрам витрати потоку рідкого або газового середовища.

Відомий спосіб призначений для вимірювання витрати стаціонарного потоку рідкого або газового середовища, що звучує область його використання із наступних причин:

- неможливо вимірювати витрату потоку рідкого або газового середовища, параметри якого змінюються швидше, ніж постійна часу термочутливого елемента, тому, що точність цього способу залежить від точності вимірювання параметрів, що відображають охолодження термочутливого елемента стаціонарним потоком рідкого або газового середовища;

- оскільки постійна часу  $\tau$  визначається з формули із логарифмічною точністю, тому для забезпечення задовільної точності витрати навіть стаціонарного потоку необхідно вимірювати різниці температур на відносно великих інтервалах часу

$\Delta T$  (порівняних з постійною часу термочутливого елемента або перевищуючих її) та температуру датчиків  $t_1$  і  $t_2$  з високою точністю. Інакше кажучи, це спосіб з принципово високою інерційністю вимірювань, прийнятний виключно для стаціонарних потоків.

В основу заявляємої корисної моделі поставлена задача удосконалення способу вимірювання витрати нестационарного потоку рідкого або газового середовища, в якому за рахунок нових технологічних операцій досягається швидкодійність вимірювання окремих відліків, та зменшення часу між окремими вимірами, що забезпечує універсальність та точність способу вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання витрати нестационарного потоку рідкого або газового середовища, який включає вимірювання параметрів термочутливого елемента, що опосередковує контакт з потоком рідкого або газового середовища, фіксацію цих параметрів у часі та визначення по вимірним параметрам витрати потоку рідкого або газового середовища, згідно корисної моделі попередньо

визначають порядок величини першої похідної від витрати потоку рідкого або газового середовища, після чого визначають інтервали часу  $\Delta \Theta$  між суміжними відліками параметрів термочутливого елемента із співвідношення:

$$\Delta \Theta < \left( 1 - 1 - \frac{d^2 q}{dt^2} \right) * \frac{1}{\delta},$$

та постійну часу  $C$  термочутливого елемента із співвідношення:

$$C = (0,05 - 0,2) \Delta \Theta,$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2}$$

де  $\frac{d^2 q}{dt^2}$  - перша похідна від витрати потоку рідкого або газового середовища, л/с<sup>2</sup>;

$\delta$  - відносна помилка вимірювання параметра термочутливого елемента, л/с, визначають величину масиву відліків  $m$  вимірювання параметрів за формулою:

$$m = \left\lceil 3 - \frac{L}{\delta} \right\rceil,$$

де  $L$  - інтервал змінювання параметрів потоку, л/с, а величину витрати визначають підсумовуючи частинні відліки параметрів за загальний час вимірювання.

Попередня оцінка першої похідної від витрати потоку рідкого або газового середовища дозволяє узгодити порядки величини швидкодійності датчиків, які застосовуються для вимірів, зі швидкістю процесу, що належить вимірювати. Залежність інтервалу часу між окремими вимірюваннями від помилки вимірювання параметра термочутливого елемента позбавляє від необхідності марної роботи. Таким чином кожний окремий вимір супроводжується мінімально можливими похибками. Зменшення часу окремого виміру разом з застосуванням використання масиву вимірів, який має об'єм, не менший ніж обчислений за форму-

$m = \left\lceil 3 - \frac{L}{\delta} \right\rceil$ , забезпечує узгодження вимоги детального опису нестационарного потоку у кожному на протязі часу вимірювання, що дозволяє зробити точні обчислення витрати потоку рідкого або газового середовища. Інтервал часу між суміжними відліками параметрів  $\Delta \Theta$  визначається з урахуванням першої похідної від витрати потоку рідкого або газового середовища та помилки вимірювання параметра термочутливого елемента, що опосередковує контакт із потоком середовища. Таким чином, узгоджується порядок швидкості змінювання параметрів потоку та умови вимірювання.

Визначення об'єму масиву відліків  $m$ , необхідного для визначення витрати із необхідною точністю враховує природу нестационарного потоку. Коли інтервал змінювання параметрів потоку  $L$  незначний (потік приблизно стаціонарний), то вимірювання може бути здійснено швидше - вимоги до об'єму масиву стають простішими. Таким чином, процедура вимірювань адаптується до природи не стаціонарності.

Визначення постійної часу  $C$  термочутливого елемента із наведеного співвідношення та використання датчиків саме з такою постійною часу дозволяє забезпечити незалежність кожного окремо-

го відліку параметра, що вимірюється, від нестаціонарного потоку, що забезпечує точність вимірювання.

Приклад.

Контролювали виток потоку газу із свердловини, що була зроблена у вугільному пласті  $m_3$ . Оцінювали швидкість змінювання витрати газу із свердловини та установили, що за дві хвилини витрата газу змінюється приблизно на 4 літри/хв.

$$\frac{d^2q}{dt^2}$$

Таким чином знаходили, що величина  $\frac{d^2q}{dt^2}$  дорівнює приблизно 2,0 літри/хв<sup>2</sup>. Відносна помилка термочутливого елемента  $\delta$  при абсолютній величині витрати біля 20 літрів/хв. дорівнює приблизно 0,5 літри/хв. Таким чином, визначили із спів-

$$\Delta\Theta < 0,1 - 1 \frac{d^2q}{dt^2} * \frac{1}{\delta},$$

відношення інтервал часу між суміжними відліками, він дорівнює 0,1-1 хвилини. Практично важливий інтервал змінювання витрати газу знаходиться в діапазоні від 5 до 25 літрів/хвилину, тобто інтервал змінювання параметрів потоку  $L$  дорівнює приблизно 20 літрів/хв. Визначали величину масиву відліків  $t$ , яка дорівнює приблизно 80-120 відліків. Оцінювали постійну часу термочутливого елемента, прийнятого для вимірювань за даним способом, за формулою:  $C=(0,05-0,2) \Delta\Theta$  та отримали для зазначених умов вимірювань (середніх значень діапазонів змінювання  $\Delta\Theta$  і  $C$ ) оцінку постійної часу датчика, рівну приблизно 0,05 хвилини (тобто не більше 3 секунд). Після коректування параметрів процедури вимірювань та з застосуванням датчиків з технічними даними, що відповідають розрахунковим, отримали значення вимірів витрати нестаціонарного потоку з експоненційним трендом, які наведені в таблиці.

Підсумовуючи дані таблиці отримали оцінку витрати газу із свердловини. За час вимірювань, 200 секунд, загальна кількість газу дорівнює 10,03 літри. Повторними вимірами встановлено, що відносна помилка вимірів не перевищує 5 відсотків, що приблизно в чотири рази краще, ніж вимірювання за найближчим аналогом.

Таким чином за рахунок збільшення швидкості вимірювання окремих відліків потоку та підсумовування масиву окремих відліків за весь час вимірювання досягнуто збільшення точності вимірів витрати нестаціонарного потоку газу.

Таблиця

	Час, с X100	Витрата, л/хв.
1	0	23
2	0,0125	22,90
3	0,025	22,59
4	0,0375	22,30
5	0,05	21,84
6	0,0625	21,47
7	0,075	21,39
8	0,0875	21,01
9	0,1	20,72
10	0,1125	20,54

11	0,125	20,20
12	0,1375	19,95
13	0,15	19,96
14	0,1625	19,42
15	0,175	19,29
16	0,1875	18,95
17	0,2	18,69
18	0,2125	18,66
19	0,225	18,50
20	0,2375	18,29
21	0,25	18,11
22	0,2625	17,71
23	0,275	17,29
24	0,2875	17,31
25	0,3	17,17
26	0,3125	16,65
27	0,325	16,75
28	0,3375	16,27
29	0,35	16,07
30	0,3625	15,83
31	0,375	15,82
32	0,3875	15,42
33	0,4	15,36
34	0,4125	15,26
35	0,425	15,07
36	0,4375	14,89
37	0,45	14,63
38	0,4625	14,32
39	0,475	14,30
40	0,4875	14,03
41	0,5	13,96
42	0,5125	13,97
43	0,525	13,48
44	0,5375	13,38
45	0,55	13,23
46	0,5625	13,23
47	0,575	12,84
48	0,5875	12,87
49	0,6	12,52
50	0,6125	12,41
51	0,625	12,44
52	0,6375	12,17
53	0,65	12,17
54	0,6625	12,02
55	0,675	11,61
56	0,6875	11,45
57	0,7	11,24
58	0,7125	11,12
59	0,725	11,25
60	0,7375	11,16
61	0,75	10,97
62	0,7625	10,86
63	0,775	10,70
64	0,7875	10,49
65	0,8	10,34
66	0,8125	10,18
67	0,825	10,15
68	0,8375	9,90
69	0,85	9,78
70	0,8625	9,54
71	0,875	9,71
72	0,8875	9,32
73	0,9	9,34

7

15275

8

74	0,9125	9,25
75	0,925	9,24
76	0,9375	8,82
77	0,95	8,88
78	0,9625	8,89
79	0,975	8,82
80	0,9875	8,66
81	1	8,45
82	1,0125	8,39
83	1,025	8,38
84	1,0375	8,08
85	1,05	8,05
86	1,0625	8,07
87	1,075	7,73
88	1,0875	7,91
89	1,1	7,63
90	1,1125	7,37
91	1,125	7,45
92	1,1375	7,18
93	1,15	7,20
94	1,1625	7,37
95	1,175	6,98
96	1,1875	6,91
97	1,2	7,12
98	1,2125	6,77
99	1,225	6,71
100	1,2375	6,54
101	1,25	6,62
102	1,2625	6,58
103	1,275	6,49
104	1,2875	6,35
105	1,3	6,34
106	1,3125	6,01
107	1,325	6,26
108	1,3375	5,87
109	1,35	5,92
110	1,3625	5,87
111	1,375	5,96
112	1,3875	5,56
113	1,4	5,62
114	1,4125	5,73
115	1,425	5,34
116	1,4375	5,58
117	1,45	5,44
118	1,4625	5,21

119	1,475	5,07
120	1,4875	5,18
121	1,5	5,14
122	1,5125	5,21
123	1,525	4,88
124	1,5375	5,13
125	1,55	5,06
126	1,5625	4,70
127	1,575	4,93
128	1,5875	4,78
129	1,6	4,47
130	1,6125	4,43
131	1,625	4,45
132	1,6375	4,27
133	1,65	4,40
134	1,6625	4,34
135	1,675	4,50
136	1,6875	4,26
137	1,7	4,16
138	1,7125	4,27
139	1,725	4,27
140	1,7375	4,01
141	1,75	4,14
142	1,7625	3,92
143	1,775	4,04
144	1,7875	3,94
145	1,8	3,99
146	1,8125	3,85
147	1,825	3,71
148	1,8375	3,73
149	1,85	3,57
150	1,8625	3,63
160	1,875	3,72
170	1,8875	3,30
171	1,9	3,29
172	1,9125	3,50
173	1,925	3,53
174	1,9375	3,15
175	1,95	3,19
176	1,9625	3,39
177	1,975	3,09
178	1,9875	3,24
179	2	3,27