



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **73512**

(13) **U**

(51) МПК

G01F 1/34 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 03189**

(22) Дата подання заявки: **19.03.2012**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **25.09.2012**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **25.09.2012, Бюл.№ 18**

(72) Винахідник(и):

**Добровольська Оксана Григорівна (UA),
Українець Микола Опанасович (UA),
Сокольник Володимир Іванович (UA)**

(73) Власник(и):

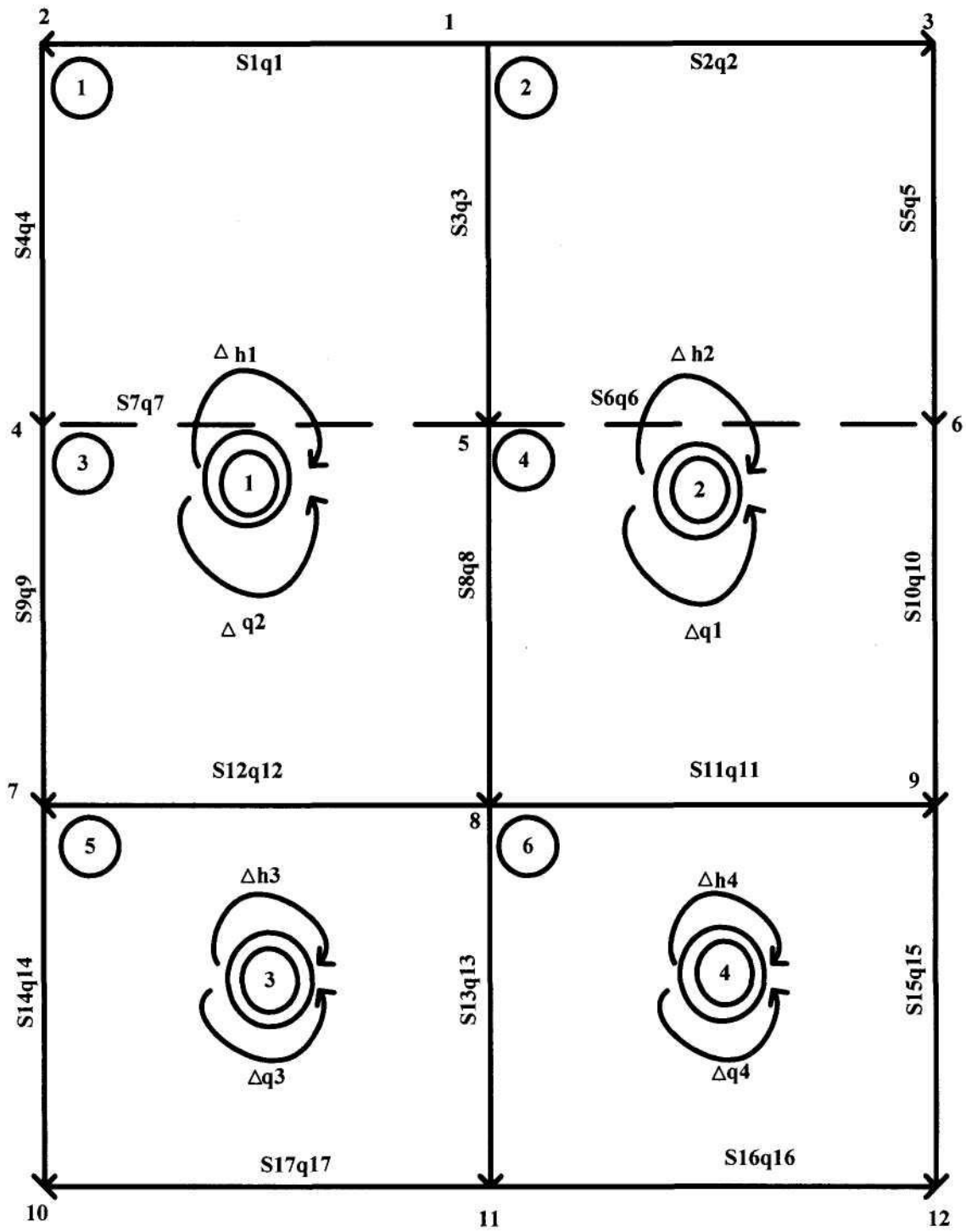
**ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА
АКАДЕМІЯ,
пр. Леніна, 226, м. Запоріжжя, 69006 (UA)**

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ РІДИННИХ АБО ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩ В ДІЛЯНКАХ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ

(57) Реферат:

Спосіб визначення витрат рідини або газу в ділянках мережі транспортування, при якому перепад тиску вимірюють у контрольних вузлах мережі транспортування, визначають об'ємні витрати одночасно на всіх магістральних ділянках мережі.

UA 73512 U



Корисна модель належить до способів визначення об'ємних витрат рідинних або газових середовищ і може бути використана при керуванні роботою систем трубопровідного транспорту комунальних підприємств.

Відомий спосіб визначення поточної витрати, її запам'ятовування та визначення сумарної витрати за певні інтервали часу з використанням двох груп датчиків, які вимірюють витрату за встановленою методикою ["ГОСТ 8.563.2-97. Методика выполнения измерений с помощью сужающих устройств". Минск].

Відомий спосіб дозволяє визначати витрату у контрольних точках окремих ділянок різними типами засобів виміру та визначати сумарну витрату, але потребує встановлення відповідних допоміжних улаштувань для визначення витрат у всіх точках вимірювання.

Головним недоліком цього способу є його обмежена функціональна можливість, тобто визначення витрат здійснюється лише на ділянках, обладнаних допоміжними улаштуваннями для реалізації способу вимірювання, при цьому витрати води на необладнаних ділянках не визначаються. Крім того, встановити вимірювальні прилади на всіх ділянках складної трубопровідної мережі неможливо і недоцільно.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до способу, що заявляється, є спосіб визначення витрат на вимірювальній ділянці трубопроводу, що має штучно звужений канал, встановлення пружних елементів для вимірювання перепаду статичних тисків на різних перетинах [Патент РФ № 2247327, кл. G 01 F 1/36, опубліковано 27.02.2005].

Відомий спосіб дозволяє вимірювати масову та об'ємну витрати на спеціально обладнаній вимірюючій ділянці, на якій виконується штучне звуження та встановлюються два пружних елементи з датчиками вимірювання тиску до і після звуження. До недоліків слід віднести те, що алгебраїчне перетворення дозволяє виразити перепад заміряних тисків в об'ємну (масову) витрату лише по одній вимірюючій ділянці. Крім того, щоб визначити витрату на будь-якій іншій ділянці, її теж необхідно спеціально обладнати: влаштувати звуження, встановити пружні елементи із датчиками тиску. В результаті задача ускладнюється, якщо вимірювання витрат води необхідно виконати на великій кількості ділянок.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу визначення витрат рідинних і газових середовищ в мережах транспортування, в якому на основі вимірювання тиску в контрольних вузлах мережі забезпечується одночасне визначення витрат на її магістральних ділянках у реальному часі, що знижує експлуатаційні витрати, підвищує точність прогнозування реальних потоків у мережі.

Для вирішення поставленої задачі у способі визначення витрат рідини або газу в ділянках мережі транспортування, що містить вимірювання перепаду тисків на окремих ділянках, математичне перетворення отриманого перепаду тиску в об'ємну витрату, згідно з корисною моделлю перепад тиску вимірюють у контрольних вузлах мережі транспортування, визначають об'ємні витрати одночасно на всіх магістральних ділянках мережі.

Згідно з корисною моделлю спеціально обладнуються додатковими улаштуваннями не ділянки мережі, де визначається витрата, а вузли мережі, де встановлюються датчики для вимірювання статичного тиску. Використання обладнання лише у контрольних вузлах мережі без організації додаткових улаштувань на її ділянках значно спрощує процес визначення витрат одночасно на всіх ділянках магістральних мереж. При цьому шляхом використання відомого математичного апарату значення заміряного перепаду тисків у вузлах дозволяє пов'язати його із значенням об'ємних витрат на ділянках магістралей.

На кресленні наведена схема мережі, для якої реалізується спосіб вимірювання витрат в

ділянках. Схема складається із 6 кілець , 12 вузлів 1-12, має один вузол живлення - № 1, 17 ділянок з опорами s1-s17, витратами води в них q1-q17. На схемі позначені



контури - , що утворені після вимірювання тисків у вузлах 1, 8, 10, 12, з нев'язками в них $\Delta h_1 - \Delta h_4$ та виправлювальними витратами $\Delta q_1 - \Delta q_4$.

Спосіб здійснюється наступним чином. Для кільцевої мережі, спрощений варіант якої із 6



кілець - показано на кресл., вихідними даними для якої є інформація про кількість вузлів (1-12), значення витрат q1-q17 та опорів s1-s17 на її ділянках, отриманих під час її попереднього розрахунку, значення тисків, заміряних у контрольних вузлах 1, 8, 10, 12, які



утворюють 4 контури вимірювання тисків - , визначаються перепади тисків ΔP_n між вузлом підключення водоводів 1 та контрольними вузлами 8, 10, 12: ΔP_{1-8} , ΔP_{1-10} , ΔP_{1-12} , які відрізняються від тих, що відповідають попередньому розрахунку мережі та утворюють нев'язки у кільцях Δh_1 - Δh_4 , які шляхом математичної обробки виражаються у виправлювальних витратах Δq_1 - Δq_4 , внесення яких у розрахункові витрати ділянок на шляхах вимірювання тисків ліквідує різницю між розрахунковим та вимірним їх перепадом і дозволяє отримати фактичні витрати на ділянках на момент вимірювання тисків.

Визначаються розрахункові втрати напорів між вузлом підключення водоводів та кожним контрольним вузлом, в якому вимірюється тиск. Якщо п'єзометрична позначка у контрольному вузлі $\Pi_{к.в.}$, а п'єзометрична позначка у вузлі підключення водоводів Π_1 , то втрати напору на кожному з магістральних напрямів вимірювання тисків будуть $\Delta H = \Pi_1 - \Pi_{к.в.}$.

З іншого боку

$$\Delta H = \sum_{i=1}^m h_i, \quad (1)$$

де h_i - втрати напору на i -й ділянці напрямку, який розглядається, m - кількість ділянок, які з'єднують вузли вимірювання тисків. Тоді при інструментальному вимірюванні напорів в кожному з вузлів будь-якого напрямку вільний напір у контрольному вузлі $H_{к.в.}$ визначається залежністю

$$H_{к.в.} = \Pi_1 - \sum_{i=1}^m h_i - Z_{к.в.}, \quad (2)$$

де $Z_{к.в.}$ - геодезична позначка у контрольному вузлі, m . Якщо на напрямку, який розглядається, виконуються не всі вимірювання напорів, а тільки їх частина, то напір в контрольному вузлі визначається залежністю

$$H_{к.в.} = \Pi_1 - \sum_{i=1}^m h'_i - \Delta_{m-n} - Z_{к.в.}, \quad (3)$$

де $\sum_{i=1}^m h'_i$ - сумарні втрати напорів на ділянках, на яких вони не вимірювались;
 Δ_{m-n} - сумарні втрати напорів на ділянках, на яких вони вимірювались.
 Якщо порівняти обидва вирази, можна отримати

$$\Pi_1 - \sum_{i=1}^m h_i - Z_{к.в.} = \Pi_1 - \sum_{i=1}^m h'_i - \Delta_{m-n} - Z_{к.в.} \quad (4)$$

Звідки

$$\sum_{i=1}^m h_i = \sum_{i=1}^m h'_i - \Delta_{m-n}, \quad (5)$$

тобто зі збільшенням кількості вузлів, в яких вимірювались напори, зменшується можливість впливу на витрати в ділянках мережі та на напори в інших вузлах мережі, а отже підвищується точність прогнозу.

Визначаються відхилення між розрахунковими втратами на кожному із шляхів вимірювання тисків та відповідними різницями тисків між показниками датчиків на кінцях шляху, який розглядається. Для ув'язання мережі із врахуванням відповідних вимірних перепадів у відповідні кільця необхідно внести виправлення, які описуються рівнянням:

$$\Delta h_i^{KB} - 2 \sum (sq)_i^{KB} \cdot \Delta q_i \pm \sum (sq)_{\text{сум.к}}^{KB} \Delta q_{\text{сум.к}}^{KB} = 0, \quad (6)$$

де кв - індекс кілець вимірювання при їх ув'язці; Δh_i^{KB} - нев'язка для контуру вимірювання тиску, м;

$\sum (sq)_i^{KB}$ - сумарні добутки $(sq)_i^{KB}$ для i-го кільця ув'язки контуру вимірювання, м³/л;

5 Δq_i - загальна виправлювальна витрата, л/с;

$\sum (sq)_{\partial.л.}^{KB}$ - сумарні добутки ділильних ліній, що знаходяться на межах контурів вимірювання тисків, м³/л;

$\Delta q_{сум.к}^{KB}$ - виправлювальні витрати суміжних з тим кільцем, яке розглядається, л/с.

10 Особливістю розв'язування цієї задачі є те, що воно аналогічне ув'язці кільцевої мережі після того, як в неї вносяться виправлення, які враховують неспівпадання розрахункового перепаду тисків з виміряним. Аналіз особливостей ув'язки водопровідної мережі з врахуванням результатів вимірювання тисків в окремих вузлах показує, що загальна виправлювальна витрата описується рівнянням:

$$\Delta q = \frac{\Delta h_i - s_i \cdot q_i \cdot \Delta q_i^{KB}}{2 \sum (sq)^{KB}}, \quad (7)$$

15

де Δh_i - нев'язка в i-му кільці після внесення поправки в ділянки, що попадають на напрям вимірювання тисків, м;

s_i, q_i - добуток sq для i-го кільця, м³/л,

Δq_i^{KB} - виправлювальна витрата контуру вимірювання i-го кільця, ліс;

20

$\sum (sq)^{KB}$ - сума добутків $(sq)^{KB}$ для контуру вимірювання, м³/л.

Враховуючи, що при керуванні існуючою водопровідною мережею її структура, геометричні розміри, діаметри труб, їх матеріал (а отже і питомі опори s_0) відомі, невідомими будуть тільки витрати на ділянках.

25

Тоді загальна кількість невідомих в кільцевій мережі з p-ділянками також буде p, тобто в ній витрати визначаються однозначно. У всі шляхи, що розглядаються, вносяться виправлювальні витрати, які б ліквідували різниці в сумарних розрахункових та вимірювальних витратах. Задача розв'язується методом ітерації до виникнення умов:

$$\sum h_k = 0, \quad (8)$$

$$|\Delta P_{розр} - \Delta P_{вим}| \leq \varepsilon, \quad (9)$$

30

де h_k - сума втрат напору у кільці мережі, м;

$\Delta P_{розр}$ - розрахунковий перепад тиску між контрольними вузлами, м;

$\Delta P_{вим}$ - виміряний перепад тиску між контрольними вузлами, м;

ε - припустима нев'язка мережі, $\varepsilon \leq 0,01$.

35

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє за перепадами тисків P_1, P_2, P_3, P_n , виміряних в контрольних вузлах мережі, визначати одночасно витрати на всіх її магістральних ділянках без встановлення на них додаткових улаштувань, що значно спрощує процес визначення витрат та знижує експлуатаційні витрати.

Приклад

40

Запропонований спосіб визначення витрат на магістральних ділянках мережі у реальному часі за перепадом статичного тиску, заміряного в її контрольних вузлах було перевірено для кільцевої мережі із 18 кілець та 43 ділянок. Спочатку кільцева мережа була ув'язана за відомим способом із використанням програмного модуля [Гальперин Е.М., Зайко В.А., Поспелова М.М. Сомов М.А., Абрамов Н.Н., Болотников В.А./ Под ред. Прозорова И.В. Применение ЭВМ для расчета систем подачи и распределения воды. -М.:МИСИ, 1986.-99 с, Українець Н.А. Расчет и проектирование водопроводных сетей с использованием ЭВМ. - Киев: УМК ВО, 1988. - с. 91-114.]. Далі у вузлах мережі заміряли статичні тиски у 9 контрольних вузлах та визначали їх перепади. Для знаходження фактичних витрат на ділянках на момент вимірювання тисків ув'язували мережу шляхом внесення виправлювальних витрат у ділянки на шляху вимірювання тисків, які розраховували за формулою

45

$$\Delta q = \frac{\Delta h_i - s_i \cdot q_i \cdot \Delta q_i^{KB}}{2 \sum (sq)^{KB}}.$$

Отримані результати за новими вихідними даними, що були отримані з урахуванням перепаду тисків, замірених в контрольних вузлах мережі, порівнювали з результатами початкових вихідних даних. При цьому визначалися абсолютні різниці витрат води та втрат напорів на магістральних ділянках в абсолютному та відносному значенні.

Відхилення витрат на кожній ділянці в абсолютному та відносному значенні визначалися за формулами (10) та (11) відповідно:

$$\Delta q = q_1 - q_2 \quad (10)$$

$$P_q = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100\%, \quad (11)$$

де q_1 - витрати, які були отримані у вихідній схемі, що розглядається, л/с;

q_2 - витрати на відповідних ділянках, отримані після гідравлічного розрахунку, з врахуванням необхідної сумарної втрати напорів між вузлами вимірювання, л/с.

Відхилення втрат напорів на кожній ділянці в абсолютному та відносному значенні визначалися за формулами (12) та (13) відповідно:

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad (12)$$

$$P_h = \frac{h_1 - h_2}{h_1} \cdot 100\%, \quad (13)$$

де h_1 - втрати напору, які були отримані у вихідній схемі, що розглядається м;

h_2 - втрати напору на відповідних ділянках, отримані після гідравлічного розрахунку, з врахуванням необхідної сумарної втрати напорів між вузлами вимірювання, м.

Результати розрахунку витрат на магістральних ділянках мережі за перепадом тиску, заміреним в її контрольних вузлах, значення відхилень розрахунку витрат води та втрат напорів на ділянках показані у таблиці.

Таблиця

Результати визначення витрат води в ділянках у реальному часі за перепадом тиску, заміряного у 9 вузлах мережі

Номер ділянки	Код ділянки	Витрата, л/с		Δq, л/с	P _q , %	Втрати напору, м		Δh, м	P _h , %
		За результатами				За результатами			
		Розрахунку	Вимірювання тисків			Розрахунку	Вимірювання		
1	0-1	260,45	260,45	0	0	6,48	6,48	0	0
2	1-17	338,37	338,37	0	0	4,70	4,70	0	0
3	1-5	292,97	292,97	0	0	1,83	1,83	0	0
4	2-1	13,58	13,58	0	0	0,04	0,04	0	0
5	0-2	159,74	159,74	0	0	4,55	4,55	0	0
6	2-6	227,42	227,42	0	0	2,85	2,85	0	0
7	2-3	75,72	75,72	0	0	1,66	1,66	0	0
8	0-3	108,35	108,35	0	0	4,30	4,30	0	0
9	3-7	157,75	157,75	0	0	2,45	2,45	0	0
10	3-4	74,82	74,82	0	0	3,51	3,51	0	0
11	0-4	56,06	56,06	0	0	6,84	6,84	0	0
12	4-8	78,43	78,43	0	0	5,11	5,11	0	0
13	4-0	31,05	31,05	0	0	5,24	5,24	0	0
14	17-5	41,71	41,71	0	0	0,01	0,01	0	0
15	5-9	635,40	635,40	0	0	1,83	1,83	0	0
16	5-6	7,98	7,98	0	0	0,01	0,01	0	0
17	6-10	532,33	532,33	0	0	2,60	2,60	0	0
18	6-7	53,16	53,16	0	0	0,25	0,25	0	0
19	7-11	338,90	338,90	0	0	2,40	2,40	0	0

Продовження таблиці

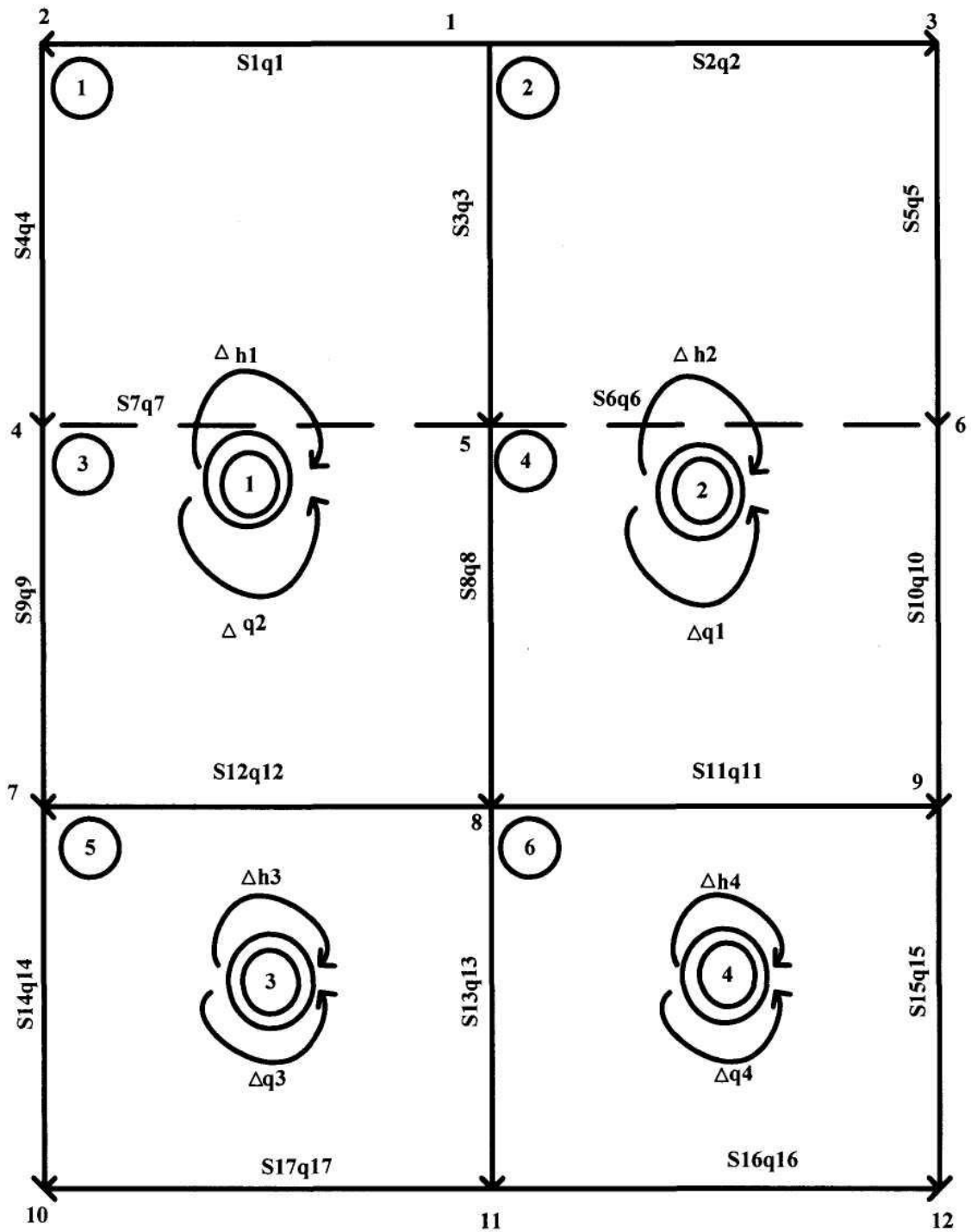
Номер ділянки	Код ділянки	Витрата, л/с		Δq, л/с	P _q , %	Втрати напору, м		Δh, м	P _h , %
		За результатами				За результатами			
		Розрахунку	Вимірювання тисків			Розрахунку	Вимірювання		
20	7-8	42,61	42,61	0	0	0,30	0,30	0	0
21	8-12	166,57	166,57	0	0	2,71	2,71	0	0
22	8-0	39,73	39,73	0	0	2,71	2,71	0	0
23	9-18	41,71	41,71	0	0	0,01	0,01	0	0
24	9-13	292,97	292,97	0	0	1,83	1,83	0	0
25	10-9	7,98	7,98	0	0	0,01	0,01	0	0
26	10-14	227,42	227,42	0	0	2,85	2,85	0	0
27	11-10	53,16	53,16	0	0	0,25	0,25	0	0
28	11-15	157,75	157,75	0	0	2,45	2,45	0	0
29	12-11	42,61	42,61	0	0	0,30	0,30	0	0
30	12-16	78,43	78,43	0	0	5,11	5,11	0	0
31	0-12	39,73	39,73	0	0	2,71	2,71	0	0
32	18-13	338,37	338,37	0	0	4,70	4,70	0	0
33	13-0	260,45	260,45	0	0	6,48	6,48	0	0
34	13-14	13,58	13,58	0	0	0,04	0,04	0	0
35	14-0	159,74	159,74	0	0	4,55	4,55	0	0
36	15-14	75,72	75,72	0	0	1,66	1,66	0	0
37	15-0	108,35	108,35	0	0	4,30	4,30	0	0
38	16-15	74,82	74,82	0	0	3,51	3,51	0	0
39	16-0	56,06	56,06	0	0	6,84	6,84	0	0
40	0-16	31,05	31,05	0	0	5,24	5,24	0	0
41	0-17	685,92	685,92	0	0	13,70	13,70	0	0
42	17-18	805,94	805,94	0	0	18,39	18,39	0	0
43	18-0	685,92	685,92	0	0	13,70	13,70	0	0

5 За перепадом статичного тиску, заміряного у 9 вузлах мережі, визначено витрати води без додаткових улаштувань на всіх її магістральних ділянках у реальному часі, при цьому відхилення витрат води та втрат напорів в абсолютному та відносному значеннях по кожній ділянці мережі дорівнює нулю.

10 Таким чином, запропонований спосіб дозволяє за перепадом тисків, виміряних у контрольних вузлах мережі, визначати фактичні витрати води одночасно на всіх її магістральних ділянках, що знижує експлуатаційні витрати, підвищує точність прогнозування реальних потоків у мережі.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

15 Спосіб визначення витрат рідини або газу в ділянках мережі транспортування, що включає вимірювання перепаду тисків на окремих ділянках мережі, математичне перетворення отриманого перепаду тиску в об'ємну витрату, який **відрізняється** тим, що перепад тиску вимірюють у контрольних вузлах мережі транспортування, визначають об'ємні витрати одночасно на всіх магістральних ділянках мережі.



Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

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