



УКРАЇНА

(19) UA (11) 39291 (13) A

(51) 7 G01F1/34

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ТРАНСПОРТОВАНОГО ГАЗУ

(21) 99116384

(22) 24.11.1999

(24) 15.06.2001

(33) UA

(46) 15.06.2001, Бюл. № 5, 2001 р.

(72) Руднік Анатолій Андрійович, Вечерік Роман Леонідович, Коток Валерій Борисович, Челомбійко Георгій Олександрович, Шваченко Ігор Іванович, Васильєв Анатолій Миколайович, Бантюков Сергій Євгенович, Тевяшев Андрій Димитрович

(73) Дочірня компанія "Укртрансгаз", Науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут автоматизованих систем управління транспортом

(57) Спосіб визначення витрати транспортного газу, який включає вимірювання на вході та виході нагнітача тиску - $p_{вх}$, $p_{вих}$, температури газу - $t_{вх}$, $t_{вих}$ та частоти обертання нагнітача - n , який відрізняється тим, що попередньо для нагнітача витрата газу, через який визначають, апроксимують паспортні характеристики $\varepsilon = f(Q_{пр})$, де ε - ступінь стискання газу, а $Q_{пр}$ - приведена витрата газу через нагнітач, для усіх, існуючих в паспорті значень швидкості обертання нагнітача, та паспортну характеристику $\eta_{пол} = f(Q_{пр})$, де $\eta_{пол}$ - політропний кое-

фіцієнт корисної дії, і запам'ятовують одержані значення коефіцієнтів апроксимації характеристик $\varepsilon = f(Q_{пр}) - \{A_{ij}\}$, де i - номер характеристики $\varepsilon = f(Q_{пр})$, $i = 1, 2, \dots$, починаючи з характеристики для частоти обертання n_{min} , а j - степені одночленів апроксимуючого багаточлена, і значення коефіцієнтів апроксимації характеристики $\eta_{пол} = f(Q_{пр}) - \{D_l\}$, де l - степені одночленів апроксимуючого багаточлена, $l = 0, 1, 2, \dots$, додатково визначають густину сухого газу в нормальному стані ρ_n , молярну концентрацію азоту - N_{N_2} та двоокису вуглецю - N_{CO_2} в транспортному газі та обчислюють псевдокритичний тиск - $P_{ПК}$, та псевдокритичну температуру - $T_{ПК}$. Після кожного вимірювання за значеннями $p_{вх}$, $p_{вих}$, $t_{вх}$, $t_{вих}$, $P_{ПК}$ та $T_{ПК}$ розраховують проміжні параметри, які характеризують процес перекачування газу через нагнітач, обирають коефіцієнти апроксимації характеристики $\varepsilon = f(Q_{пр})$, відповідної вимірюваному значенню частоти обертання нагнітача, та визначають витрату газу через нагнітач шляхом вирішення рівняння $\varepsilon = f(Q_{пр})$.

Запропонований винахід належить до техніки вимірювання витрат рідинних та газоподібних середовищ та призначений для оперативного визначення витрат транспортного газу через нагнітач газоперекачувального агрегату компресорних станцій магістральних газопроводів.

Відомий спосіб визначення витрат газу по нитках газопроводу з міжнитковими перемичками (А.с. СРСР № 1490490, кл. G 01F 1/34, 1989, БВ № 24), що підключені до виходів установок охолодження компресорних станцій, що включає вимірювання витрат транспортного газу через компресорні цехи та вимірювання температури газу за міжнитковими перемичками та на виході установок охолодження газу, зміна режиму роботи однієї або декількох установок охолодження, додаткове вимірювання після стабілізації температурного режиму течії газу по нитках температури газу за міжнитковими перемичками та на виході тих установок охолодження, режим яких було змінено та визначення витрат газу по кожній з ниток трубопроводу шляхом вирішення системи "n" рівнянь виду

$$\begin{cases} Q_{ni} = Q_i \pm \sum q_{nj} \\ Q_{ni}(t'_{ni} - t_{ni}) = Q_i(t'_{yi} - t_{yi}) \pm \sum q_{nj} \times (t'_{nj} - t_{nj}), \end{cases}$$

де: Q_{ni} - витрата газу по i -ій нитці газопроводу; Q_i - витрата газу через i -у установку охолодження; q_{nj} - витрата газу по j -ій перемичці; t_{ni} , t_{ni} - відповідно, температура газу в i -ій нитці газопроводу за міжнитковою перемичкою до та після зміни режиму роботи установок охолодження; t'_{yi} , t_{yi} - відповідно, температура газу на виході i -ої установки охолодження газу до та після зміни режиму роботи установок охолодження; t'_{nj} , t_{nj} - відповідно, температура газу в j -ій перемичці до та після зміни режиму роботи установок охолодження, що дорівнює найбільшій з температур на виході установок охолодження газу, з якими через нитки газопроводу з'єднана j -а перемичка; i - порядковий номер нитки газопроводу;

(13) A

(11) 39291

(19) UA

j - порядковий номер міжниткової перемички;
 n - число ниток газопроводу,
 при цьому вибір установок охолодження, режим яких змінюється, здійснюють, виходячи з умови з'єднання їх виходів з міжнитковими перемичками газопроводу, при якому забезпечується зв'язок кожної перемички в крайньому разі одним її кінцем через нитку газопроводу з виходом однієї з цих установок охолодження газу.

Даний спосіб визначення витрат газу також, як і запропонований спосіб визначення витрат транспортного газу, включає вимірювання температури газу. Однак відсутність вимірювання числа обертів нагнітача, тиску та температури газу на вході та на виході нагнітача, густини сухого газу у нормальному стані, молярної концентрації азоту та двоокису вуглецю в транспортному газі не дозволяє, визначити витрати газу через окремий нагнітач та різко обмежує область застосування даного способу.

Найбільш наближеним за технічною сутністю є спосіб визначення витрат транспортного газу в системі газопроводів (А. с. СРСР № 1215008, кл. G 01F 1/34, 1986, БВ № 8), який включає вимірювання тиску та температури транспортного газу на вході та виході нагнітача, числа обертів нагнітача, підключеного до контрольованого газопроводу, відділеному від іншої системи газопроводів, та розрахунок витрат газу через нагнітач при спільному використанні паспортної залежності нагнітача

$\left[\frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{\text{пр}} = f(Q_{\text{пр}})$ та залежності, що зв'язує параметри транспортного газу

$$\left[\frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{\text{пр}} = \frac{k}{k-1} \times \frac{Z \times R \times T}{6120} \times \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^A - 1 \right] \times \left(\frac{n_n}{n} \right)^2 \times Q_{\text{пр}},$$

де

$$A = \frac{\lg \left(\frac{T_2}{T_1} \right)}{\lg \left(\frac{P_2}{P_1} \right)};$$

$$\left[\frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{\text{пр}} = f(Q_{\text{пр}}) - \text{приведена відносна внутріш-}$$

шня потужність нагнітача, кВт/(кг/м³);

γ_n - густина газу на вході в нагнітач за умов всмоктування, кг/м³;

$Q_{\text{пр}}$ - об'ємна витрата газу, приведена до умов приведених характеристик нагнітача, м³/хв;

k - показник адіабати газу;

Z - коефіцієнт стисливості транспортного газу за умов всмоктування;

R - газова стала, Дж/(кг·К);

P_1 та P_2 - відповідно, тиск газу на вході та виході нагнітача, кгс/см²;

T_1 та T_2 - відповідно, температура газу на вході та виході нагнітача, К;

n_n - номінальна частота обертання нагнітача, об/хв;

n - фактична частота обертання нагнітача, об/хв.

Даний спосіб визначення витрат газу так, як і запропонований спосіб визначення витрат транспортного газу включає вимірювання тиску та температури газу на вході та виході нагнітача та частоти обертання ротору нагнітача. Однак відсутність вимірювання густини сухого газу в нормальному стані, молярної концентрації азоту та двоокису вуглецю в транспортному газі не дозволяє визначити витрати газу оперативно, без відділення нагнітача, витрати газу через який визначаються, від решти нагнітачів на компресорній станції і різко обмежує область застосування даного способу.

В основу запропонованого винаходу поставлена задача удосконалення засобу визначення витрат транспортного газу шляхом розширення області його застосування за рахунок оперативно-го визначення витрат газу через нагнітач без відділення від нього інших нагнітачів, працюючих на компресорній станції.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі визначення витрат транспортного газу, що включає вимірювання на вході та виході нагнітача тиску - $p_{\text{вх}}$, $p_{\text{вих}}$, температури газу - $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вих}}$ та частоти обертання ротору нагнітача - n , згідно винаходу, попередньо для нагнітача, витрату газу через який визначають, апроксимують паспортні характеристики $\varepsilon = f(Q_{\text{пр}})$, де ε - ступінь стиснення газу, а $Q_{\text{пр}}$ - приведена витрата газу через нагнітач, для всіх існуючих в паспорті значень частот обертання нагнітача, та паспортну характеристику $\eta_{\text{пол}} = f(Q_{\text{пр}})$ де $\eta_{\text{пол}}$ - політропний коефіцієнт корисної дії, та запам'ятовують отримані значення коефіцієнтів апроксимації характеристик $\varepsilon = f(Q_{\text{пр}})$ - $\{A_{ij}\}$, де i - номер характеристики $\varepsilon = f(Q_{\text{пр}})$, $i = 1, 2, \dots$, починаючи з характеристики для частоти обертання $n_{\text{мін}}$, а j - степені одночленів апроксимуючого многочлену, $j = 0, 1, 2, \dots$ та значення коефіцієнтів апроксимації характеристики $\eta_{\text{пол}} = f(Q_{\text{пр}})$ - $\{D_l\}$, де l - степені одночленів апроксимуючого многочлену, $l = 0, 1, 2, \dots$ додатково визначають густину сухого газу в нормальному стані - ρ_n , молярну концентрацію азоту - N_{N_2} та двоокису вуглецю -

N_{CO_2} в транспортному газі та розраховують псевдокритичний тиск - $P_{\text{ПК}}$; та псевдокритичну температуру - $T_{\text{ПК}}$, після кожного вимірювання за значеннями $p_{\text{вх}}$, $p_{\text{вих}}$, $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вих}}$, $P_{\text{ПК}}$ та $T_{\text{ПК}}$ розраховують проміжні параметри, які характеризують процес перекачування газу через нагнітач, обирають коефіцієнти апроксимації характеристики $\varepsilon = f(Q_{\text{пр}})$, відповідної вимірюваному значенню частоти обертання нагнітача, та визначають витрату газу через нагнітач шляхом вирішення рівняння $\varepsilon = f(Q_{\text{пр}})$.

Введення для нагнітача, витрату газу через який визначають, попередньої апроксимації паспортних характеристик $\varepsilon = f(Q_{\text{пр}})$ для усіх наведених в паспорті значень частоти обертання ротору нагнітача, та паспортної характеристики $\eta_{\text{пол}} = f(Q_{\text{пр}})$, запам'ятовування одержаних значень коефіцієнтів апроксимації характеристик $\varepsilon = f(Q_{\text{пр}})$ - $\{A_{ij}\}$ та значень коефіцієнтів апроксимації характеристики $\eta_{\text{пол}} = f(Q_{\text{пр}})$ - $\{D_l\}$, додаткового визначення густини сухого газу в нормальному стані, молярної концентрації азоту та двоокису вуглецю в транспортному газі, обчислення псевдокри-

тичного тиску та псевдокритичної температури, а, після кожного вимірювання, розрахунків за значенням $p_{вх}$, $p_{вих}$, $t_{вх}$, $t_{вих}$, $P_{ПК}$ та $T_{ПК}$ проміжних параметрів, які характеризують процес перекачування газу через нагнітач, вибір коефіцієнтів апроксимації характеристики $\varepsilon = f(Q_{пр})$, що відповідає вимірній частоті обертання нагнітача, та визначення витрати газу через нагнітач шляхом вирішення рівняння $\varepsilon = f(Q_{пр})$, дозволяє суттєво розширити область застосування способу, тому як за запропонованим способом витрату газу через нагнітач визначають без відділення його від інших, працюючих з ним сумісно на компресорній станції нагнітачів, практично в масштабі реального часу, тому запропонований спосіб можливо застосовувати як для оперативного контролю витрати газу на компресорній станції, так і з іншою метою, наприклад, для оперативного визначення витрат газу в системах антипомпажного захисту.

На кресленнях наведені:

фіг. 1 - приклад системи, яка реалізує запропонований спосіб;

фіг. 2 - схема виконання запропонованого способу;

фіг. 3 - алгоритм вирішення рівняння $\varepsilon = f(Q_{пр})$.

Система, що реалізує запропонований спосіб, вміщує перший блок збору інформації 1, другий блок збору інформації 2, блок керування 3, блок виводу 4, з'єднаний з блоком керування 3, двонаправлену шину 5, яка з'єднує блок керування 3 з першим 1 та другим 2 блоками збору інформації.

Перший блок збору інформації 1 вміщує давачі 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5 для вимірювання тиску і температури, відповідно, на вході та на виході нагнітача та частоти обертання нагнітача і блок перетворення та керування 7, до входів якого підключені давачі 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5.

Блок збору інформації 2 може бути реалізований аналогічно реалізації блоку 1 при наявності відповідних давачів - давачів вимірювання густини сухого газу в нормальному стані - ρ_n , вимірювання молярної концентрації N_2 та CO_2 і, в цьому випадку, час знімання інформації може не перевищувати, наприклад, 1 хвилину, за відсутності вказаних давачів на компресорній станції проби газу відбираються вручну, і вказані параметри визначаються в лабораторії та вручну вводяться в систему, в цьому випадку час знімання інформації може досягати, наприклад, декількох годин, а блок збору інформації 2 може бути виконано у вигляді послідовно з'єднаних блоку ручного введення інформації та блоку видавання її до блоку керування 3.

Блок керування 3 здійснює керування збором інформації - видає до блоку збору інформації 1 команди на знімання інформації від давачів та приймає від нього інформацію про значення параметрів, а до блоку збору інформації 2 або видає команди на знімання інформації від давачів та приймає від нього інформацію про значення параметрів, або, одержавши від блоку 2 сигнал про готовність інформації, організує її приймання, підготовлює одержану інформацію до використання та організує виконання розрахунків з визначення витрати газу, величина якої видається до блоку виводу 4 і, або виводиться на друк, або індукється, наприклад, за допомогою дисплею. Блок керування 3 може бути реалізовано, наприклад, на базі

стандартної ПЕОМ. Вимірювання значень тиску - $p_{вх}$, $p_{вих}$, температури - $t_{вх}$, $t_{вих}$ газу та частоти обертання нагнітача - n організує блок керування 3, в залежності від призначення визначеної витрати газу або періодично, або в моменти часу, що визначаються завданими умовами, видаючи команду на вимірювання їх значень до блоку 1.

Визначення значень густини сухого газу в нормальному стані - ρ_n , молярних концентрацій азоту - N_2 та двоокису вуглецю - CO_2 в транспортваному газі також організує блок керування 3, в залежності від призначення визначеної витрати газу та наявності відповідних давачів або періодично, або в моменти часу, що визначаються завданими умовами, або при одержанні сигналу про наявність інформації від блоку 2, видаючи команду на вимірювання їх значень, або дозволів на передачу інформації до блоку 2. При цьому, внаслідок того, що дані параметри змінюються в багато разів повільніше, ніж тиск, температура та частота обертання нагнітача, час між вимірюваннями значень ρ_n , N_{N_2} та N_{CO_2} повинен бути більше, ніж час між вимірюваннями значень $p_{вх}$, $p_{вих}$, $t_{вх}$, $t_{вих}$ та n .

Степені j та l однокленів апроксимуючих многочленів обираються, виходячи з потужності та швидкодії обчислювальної системи блоку 3 таким чином, щоб забезпечити задану тривалість виконання розрахунку витрати газу, що особливо актуально в випадку використання розрахованих витрат газу в системах антипомпажного захисту.

Визначення витрат транспортного газу здійснюється за формулами, виведеними з рівнянь руху та нерозривності газодинаміки та рівняння стану газу (Трубопроводный транспорт нефти и газа / Под общей редакцией проф. В.А.Юфина. М.: Недра, 1978. - С. 199) та за паспортними характеристиками нагнітача.

Спосіб визначення витрат транспортного газу реалізується наступним чином.

Попередньо для конкретного нагнітача апроксимують за допомогою многочлену, наприклад, другої степені, паспортні характеристики $\varepsilon = f(Q_{пр})$ для кожного наведеного в паспорті значення швидкості обертання нагнітача, та паспортну характеристику $\eta_{пол} = f(Q_{пр})$ за допомогою многочлену, наприклад, третього степеня. Одержані значення коефіцієнтів апроксимації характеристик $\varepsilon = f(Q_{пр})$ - A_0, A_1, A_2 для кожного значення швидкості обертання та значення коефіцієнтів апроксимації характеристики $\eta_{пол} = f(Q_{пр})$ - D_0, D_1, D_2, D_3 запам'ятовують та використовують при визначенні витрати транспортного газу.

Значення густини сухого газу в нормальних умовах - ρ_n , молярних концентрацій азоту - N_{N_2} та двоокису вуглецю - N_{CO_2} в транспортваному газі, як зазначалось вище, визначаються блоком 2 та видаються до блоку керування 3, який за значеннями ρ_n , N_{N_2} , N_{CO_2} обчислює значення псевдокритичного тиску та псевдокритичної температури за формулами:

$$P_{ПК} = 30,618 \times [0,05993 \times (26,831 - \rho_n) + N_{CO_2} - 0,392 \times N_{N_2}], \text{ кг/см}^2$$

$$T_{ПК} = 88,25 \times [1,7591 \times (0,56364 + \rho_n) - N_{CO_2} - 1,681 \times N_{N_2}], \text{ К,}$$

де: ρ_n - густина сухого газу в нормальному стані, кг/м^3 ;

N_{N_2} - молярна концентрація азоту в транспортваному газі в частках одиниці;

N_{CO_2} - молярна концентрація двоокису вуглецю в транспортваному газі в частках одиниці.

Розраховані значення псевдокритичного тиску та псевдокритичної температури запам'ятовують до моменту наступного визначення густини сухого газу в нормальному стані та молярних концентрацій азоту та двоокису вуглецю.

Значення тиску - $p_{вх}$, $p_{вих}$ температури - $t_{вх}$, $t_{вих}$ газу та частота обертання нагнітача - n вимірюють в моменті часу, які задаються блоком керування 3, який видає команду на вимірювання цих параметрів до блоку збору інформації 1, останній вимірює параметри та одержані значення цих параметрів видає до блоку керування 3, в якому обчислюються наступні проміжні параметри, які характеризують процес перекачування газу через нагнітач - абсолютний тиск на вході - $P_{вх}$ та на виході - $P_{вих}$ нагнітача, приведений тиск на вході - $P_{пр.вх}$ та на виході - $P_{пр.вих}$ нагнітача, абсолютна температура на вході - $T_{вх}$ та на виході - $T_{вих}$ нагнітача, приведена температура на вході - $T_{пр.вх}$ та на виході - $T_{пр.вих}$ нагнітача, середній приведений тиск - $P_{пр.ср}$, середня приведена температура на вході - $T_{пр.ср}$, густина газу за повітрям d_v , газова стала - R , приведений коефіцієнт стисливості газу на вході - $Z_{вх}$ та на виході - $Z_{вих}$ нагнітача, середній приведений коефіцієнт стисливості газу - $Z_{ср}$, середній приве-

дений коефіцієнт теплоємності газу - $\frac{d_{ср}}{R}$ та коефіцієнт ізобаричної стисливості газу - X , а також значення змінної - A , необхідне для розрахунку витрати газу. Вказані проміжні параметри обчислюються за наступними формулами:

$$\begin{aligned} P_{вх} &= p_{вх} + 1033; & P_{вих} &= p_{вих} + 1033; \\ P_{пр.вх} &= \frac{P_{вх}}{P_{ПК}}; & P_{пр.вих} &= \frac{P_{вих}}{P_{ПК}}; \\ T_{вх} &= t_{вх} + 273,15; & T_{вих} &= t_{вих} + 273,15; \\ T_{пр.вх} &= \frac{T_{вх}}{T_{ПК}}; & T_{пр.вих} &= \frac{T_{вих}}{T_{ПК}}; \\ P_{пр.ср} &= 0,5 \times (P_{пр.вх} + P_{пр.вих}); & T_{пр.ср} &= 0,5 \times (T_{пр.вх} + T_{пр.вих}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_v &= \frac{\rho_n}{1,206}; & R &= \frac{29,4}{d_v}; \\ Z_{вх} &= 1 - \left(\frac{0,41}{T_{пр.вх}^3} - \frac{0,061}{T_{пр.вх}} \right) \times P_{пр.вх} - \frac{0,04 \times P_{пр.вх}^2}{T_{пр.вх}^2}; \\ Z_{вих} &= 1 - \left(\frac{0,41}{T_{пр.вих}^3} - \frac{0,061}{T_{пр.вих}} \right) \times P_{пр.вих} - \frac{0,04 \times P_{пр.вих}^2}{T_{пр.вих}^2}; \\ Z_{вих} &= 0,5 \times (Z_{вх} + Z_{вих}); \\ \frac{d_{ср}}{R} &= \frac{P_{пр.ср} \times (2,46 + 0,12 \times P_{пр.ср})}{T_{пр.ср}^3}; \\ X &= \left(\frac{1,23 + 0,12 \times P_{пр.ср}}{T_{пр.ср}^2} - 0,61 \right) \times \frac{P_{пр.ср}}{T_{пр.ср} \times Z_{ср}}; \end{aligned}$$

$$A = \frac{T_{пр} \times Z_{пр} \times R_{пр}}{T_{вх} \times Z_{вх} \times R};$$

де: $T_{пр}$, $Z_{пр}$, $R_{пр}$ - значення температури газу, коефіцієнту стисливості газу на вході та газової сталої, при яких знімалися та будувалися паспортні характеристики.

Після цього, за величиною n обирають значення коефіцієнтів апроксимуючого многочлену A_{m0} , A_{m1} , A_{m2} , де m - номер характеристики $\varepsilon = f(Q_{пр})$ для виміряного значення n , якщо немає відповідної точному значенню n характеристики, тоді обирають апроксимуючі коефіцієнти для значень n , між якими знаходиться виміряне значення n та, інтерполюючи їх значення, одержують значення апроксимуючих коефіцієнтів - A_{m0} , A_{m1} , A_{m2} , відповідні виміряному значенню n .

Об'ємну витрату газу через нагнітач визначають, вирішуючи рівняння $\varepsilon = f(Q_{пр})$ ітераційним методом. Для цього завдаються інтервалом значень визначеної витрати з границями Q_1 та Q_2 , за границі якого приймають мінімальне $Q_1 = Q_{\min}$ та максимальне $Q_2 = Q_{\max}$ значення витрати газу через даний нагнітач (паспортні значення), визначають розрахункове значення витрати за формулою $Q_p = 0,5 \times (Q_1 + Q_2)$, та розраховують значення:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{пр} &= A_{m0} + A_{m1}Q_p + A_{m2}Q_p^2; \\ \eta_{пол} &= D_0 + D_1Q_p + D_2Q_p^2 + D_3Q_p^3. \end{aligned}$$

Далі завдаються середнім значенням температури - $t_{ср} = 0,5 \times (t_{вх} + t_{вих})$ та визначають розрахункові вихідну температуру - T_k та тиск - P_k за формулами:

$$\begin{aligned} \frac{k_0}{k_0 - 1} &= 5,15 + \frac{(5,65 + 0,017 \times t_{ср}) \times d_v}{1,987}; \\ \frac{k}{k - 1} &= \frac{k_0}{k_0 - 1} \times \left(1 + \frac{d_{ср}}{R} \times \frac{k_0 - 1}{k_0} \right) \times \frac{1}{Z_{ср} \times (1 + X \times \eta_{пол})}; \\ \frac{m}{m - 1} &= \eta_{пол} \times \frac{k}{k - 1}; \\ \varepsilon &= \left[1 + A \left(\frac{n}{n_n} \right)^2 \times \left(\frac{m - 1}{\varepsilon_{пр}^m} - 1 \right) \right]^{\frac{m}{m - 1}}; \\ P_k &= P_{вх} \times \varepsilon; & T_k &= T_{вх} \times \varepsilon^{\frac{m - 1}{m}}; \\ t_k &= T_k - 273,15; \end{aligned}$$

де: k_0 - показник "ізоентропи" газу в ідеальному газовому стані,

k - показник "псевдоізоентропи",

m - показник політропи.

Одержане розрахункове значення вихідної температури - T_k порівнюють з виміряним значенням вихідної температури $T_{вих}$ та, якщо вони відрізняються більш, ніж на 0,01, визначають нове середнє значення температури $t_{ср} = 0,5 \times (t_{вх} + t_k)$, тобто, використовуючи як вихідну температуру її розрахункове значення, і знову визначають розрахункові вихідну температуру - T_k та тиск - P_k за наведени-

ми вище формулами. Якщо розрахункове та виміряне значення вихідної температури відрізняються на величину, менш ніж 0,01, тоді порівнюють значення розрахованого та виміряного вихідного тиску та, якщо вони відрізняються більш, ніж на 0,01, тоді в залежності від співвідношення їх значень однієї з границь інтервалу значень визначеної витрати присвоюють значення витрати - Q_p , при якому виконується розрахунок, визначають нове розрахункове значення витрати - Q_p та повторюють розрахунок з обчислення $\varepsilon_{пр}$, таким чином, повторюють розрахунок доти, доки розрахункові та виміряні значення вихідної температури та вихідного тиску не будуть відрізнятися на величину, менш 0,01. Розрахункове значення витрати, при якому розрахункові та виміряні значення вихідної температури та вихідного тиску відрізняються на величину, менш 0,01, приймається рівним приведеної об'ємній витраті газу через нагнітач. Алгоритм вирішення рівняння $\varepsilon = f(Q_{пр})$ наведено на фіг. 3.

Об'ємна витрата газу через нагнітач визначається за формулою

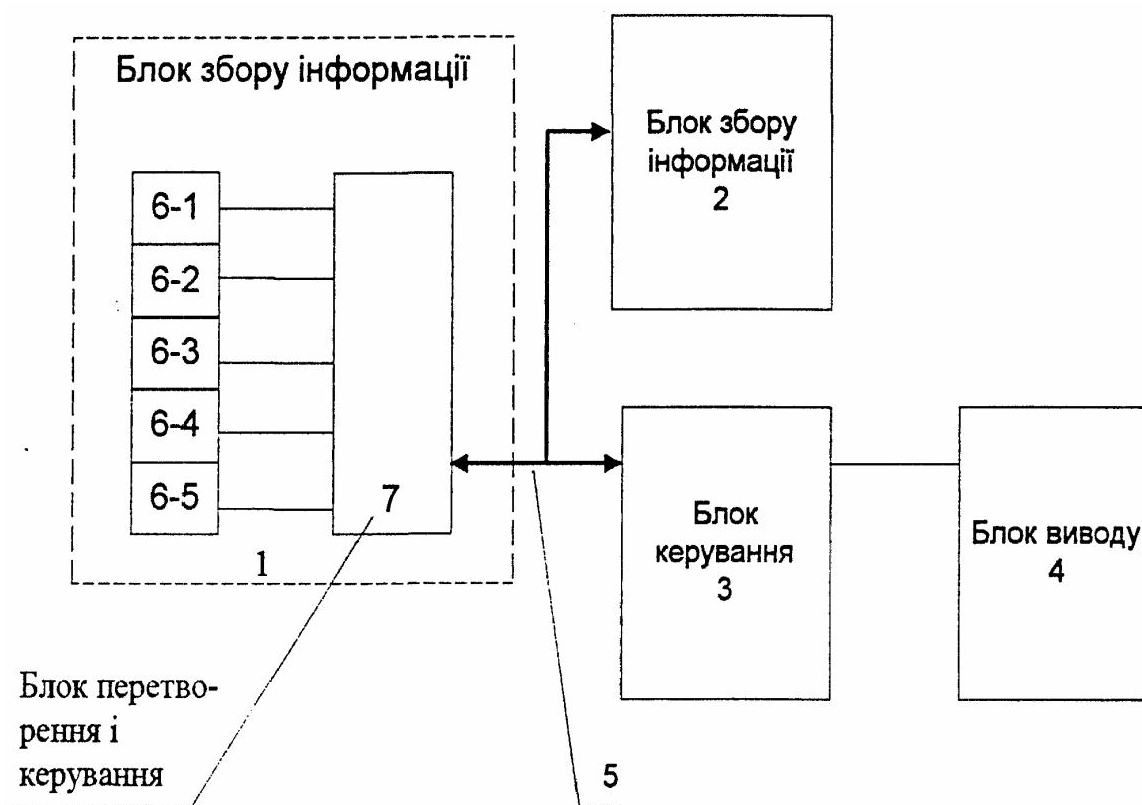
$$Q = Q_p \times \frac{n}{n_H},$$

де: n_H - номінальна частота обертання нагнітача, об/хв.

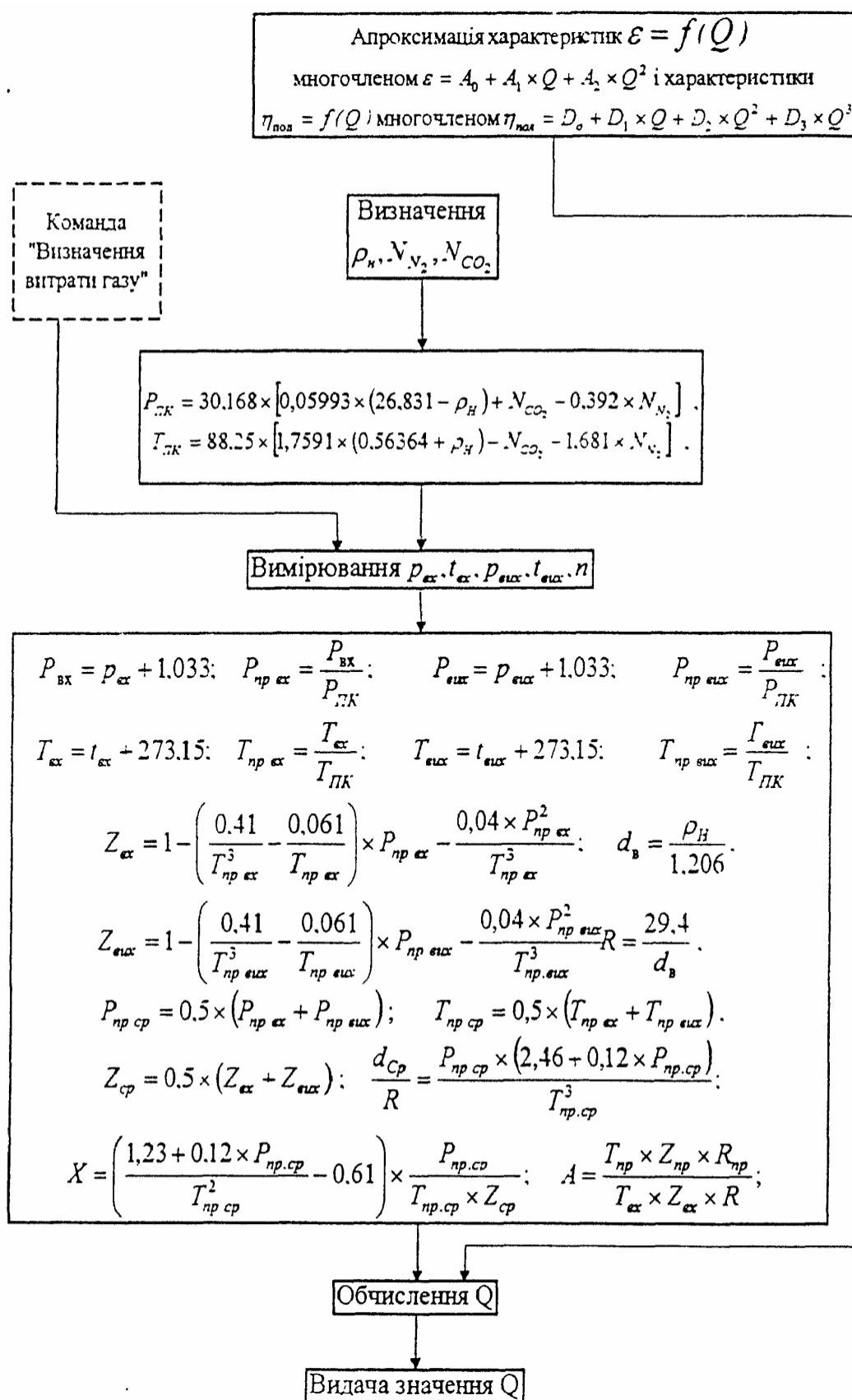
При необхідності одержати комерційну витрату газу через нагнітач проводять перерахунок одержаної об'ємної в комерційну витрату за формулою:

$$G = 0,40865 \times Q_p \times (n/n_H) \times P_{вх} / (Z_{вх} \times T_{вх}).$$

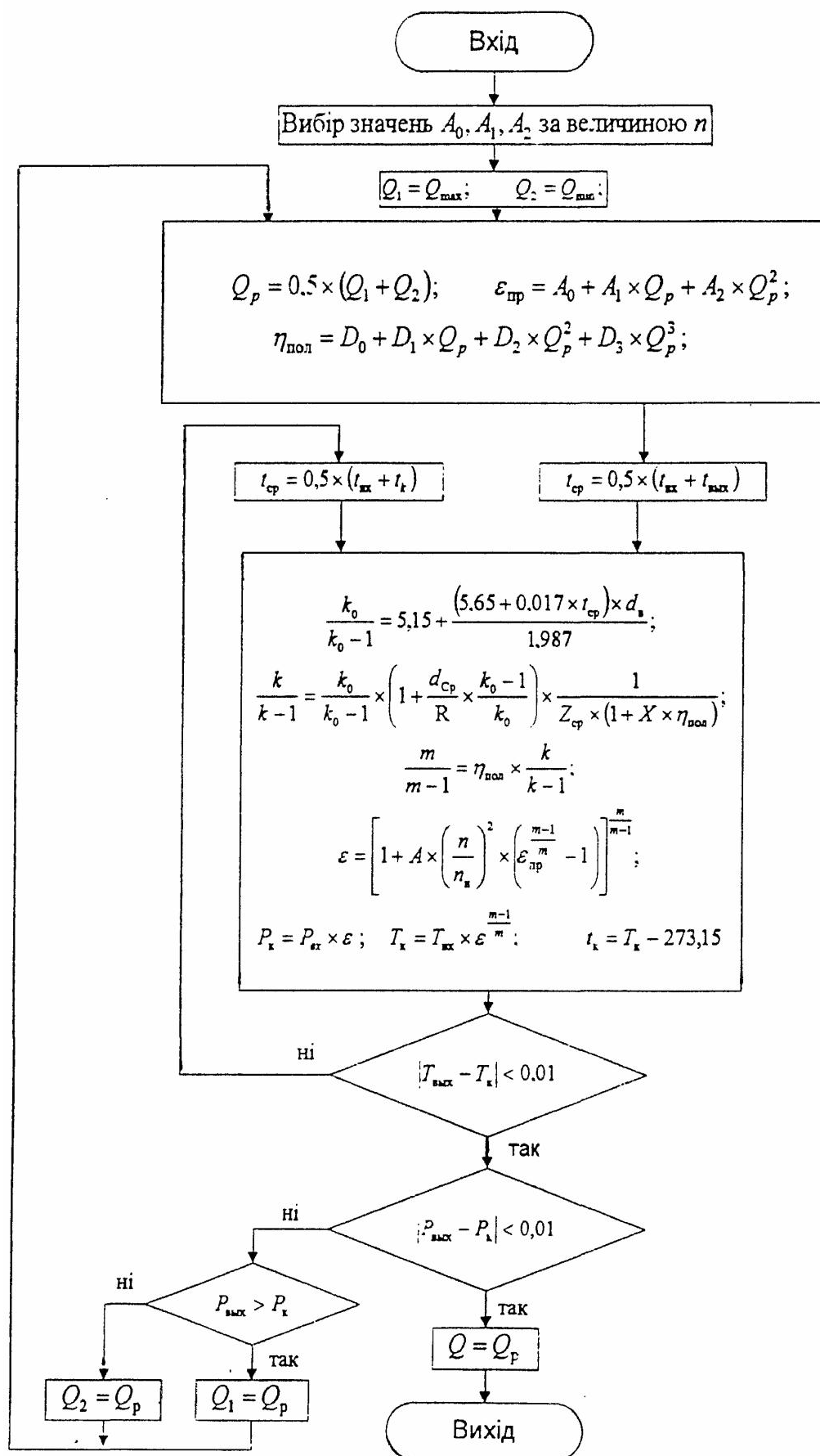
Проведена експериментальна перевірка запропонованого способу визначення витрат газу показала, що точність визначення витрат газу не гірше 3%.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60х84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22
