



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55691 (13) U
(51) МПК (2009)
G01F 1/34МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАГНІТАЧА ПРИРОДНОГО ГАЗУ

1

2

(21) u201006139

(22) 21.05.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) РОДІН СЕРГІЙ ГЕННАДІЙОВИЧ, ІЗБАШ ВІКТОР ІВАНОВИЧ, НАЛІСНИЙ МИКОЛА БОРИСОВИЧ, ЖИЛЕНКО ВАЛЕРІЙ ДМИТРОВИЧ, ХРІТІН АНДРІЙ ГРИГОРОВИЧ, УТЮПІН СЕРГІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ДОЧІРНЯ КОМПАНІЯ "УКРТРАНСГАЗ" НАЦІОНАЛЬНОЇ АКЦІОНЕРНОЇ КОМПАНІЇ "НАФТОГАЗ УКРАЇНИ"

(57) Спосіб визначення продуктивності нагнітача природного газу, що включає проведення вимірювань параметрів компримованого газу і їх фіксацію при різних режимах роботи нагнітача, що має конфузор, який відрізняється тим, що парну кількість режимів роботи нагнітача, числом не менше 10, доволіно розбивають на пари та за паспортною характеристикою нагнітача обчислюють значення продуктивності нагнітача для кожного режиму та різницю в продуктивності між відповідними парними

ми режимами, а після одержання відповідної кількості значень різниці продуктивності, числом не менше 5, з рівняння визначення продуктивності нагнітача за коефіцієнтом витрати на конфузори визначають значення коефіцієнта витрати конфузора для кожної пари з наступним усередненням цих значень і на підставі отриманого усередненого значення повторно розраховують продуктивності нагнітача для кожного режиму, на підставі яких коректують витратно-напірну характеристику нагнітача та за скоректованою характеристикою повторно визначають різниці продуктивності нагнітача для кожної пари і, відповідно, нові значення коефіцієнтів витрати конфузора до виконання умови:

$$S = \left| \frac{A - A_i}{A} \right| \leq 0,01,$$

де S - відносне значення відхилення розрахованого коефіцієнта витрати конфузора A_i , де i - кількість пар режимів роботи нагнітача від усередненого значення A.

Корисна модель відноситься до способів визначення індивідуальної продуктивності відцентрового нагнітача (ВЦН) в усіх режимах роботи шляхом визначення фактичного значення коефіцієнта витрати конфузора.

Спосіб доставки продукції газових родовищ до споживача являє собою єдиний технологічний ланцюжок, основою якої є траса магістрального газопроводу. Для підтримки тиску газу по трасі магістрального газопроводу споруджують компресорні станції (КС). Між КС на відводах від магістрального газопроводу розташовуються газорозподільні станції (ГРС), що подають газ споживачеві. Для визначення витрати газу ГРС обладнані вузлами обліку. Облік загальної витрати газу в магістральному газопроводі здійснюється на границях газотранспортних підприємств, де розташовуються газовимірювальні станції (ГВС) [див. Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. - Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2001. - 168 с.].

У цей час у компресорних цехах багатьох газотранспортних підприємств відсутні інструмента-

льні засоби вимірювання витрати технологічного газу. При цьому у складі системи автоматичного керування й регулювання газоперекачувальними агрегатами (ГПА) передбачається розрахунок відносної витрати технологічного газу через нагнітач. Однак дані з витрати газу, що визначає ця система, є недостатньо точними й не дозволяють достовірно оцінювати режим роботи устаткування, що обумовлено особливістю конструкцій нагнітачів.

Нагнітач являє собою відцентровий компресор, установлений у проточну частину, елементом якого є конфузор. Конфузори, що входять до складу нагнітачів, є нестандартними звукуємими пристроями, що ускладнює розрахунок витрати газу. Паспортні характеристики нагнітача отримані дослідним шляхом у результаті випробування устаткування на стенді. Подібні випробування проводяться повітрям з поправкою на газ. Отримані на одному нагнітачі характеристики приймаються для серії нагнітачів і не враховують індивідуальних особливостей конструкції "нагнітач - проточна частина". Насправді ж газодинамічні характеристики

(13) U

(11) 55691

(19) UA

(ГДХ) нагнітачів є індивідуальними. Подібні розбіжності в характеристиках, у випадку відсутності пристроїв антипомпажного регулювання, можуть привести до роботи нагнітача в зоні помпажу, що у свою чергу приводить до псування устаткування, [див. Деточенко А., Михеев А., Волков М. Спутник газовика. - М.: Недра, 1988. - С. 98-268.]

Якщо ж у цеху встановлені пристрої антипомпажного регулювання, то неточність у газодинамічних характеристиках може привести до додаткових витрат на перезапуск агрегату у випадку виникнення необґрунтованої зупинки по захисту.

Зазначене рішення обране як прототип.

В основу корисної моделі поставлена задача шляхом нової послідовності технологічних операцій підвищити точність визначення індивідуальної продуктивності відцентрового нагнітача.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі визначення продуктивності нагнітача природного газу, що включає проведення вимірювань параметрів компримованого газу і їх фіксацію при різних режимах роботи нагнітача, що має звужувальний пристрій (конфузор), парну кількість режимів роботи нагнітача числом не менш 10 довільно розбивають на пари й за паспортною характеристикою нагнітача обчислюють значення продуктивності нагнітача для кожного режиму та різницю в продуктивності між відповідними парними режимами, а після одержання відповідної кількості значень різниці продуктивності числом не менш 5, з рівняння визначення продуктивності нагнітача за коефіцієнтом витрати на конфузори визначають значення коефіцієнта витрати конфузора для кожної пари з наступним усередненням цих значень. На підставі отриманого усередненого значення, повторно розраховують продуктивності нагнітача для кожного режиму, на підставі яких коректують витратно-напірну характеристику нагнітача й за скоректованою характеристикою повторно визначають різницю продуктивності нагнітача для кожної пари, і, відповідно, нові значення коефіцієнтів витрати конфузору до виконання умови

$$S = \left| \frac{A - A_i}{A} \right| \leq 0,01$$

де S - відносне значення відхилення розрахованого коефіцієнта витрати конфузору A_i (i - кількість пар режимів роботи нагнітача) від усередненого значення A .

Спосіб визначення продуктивності нагнітача природного газу пояснюється розрахунками.

На першому етапі індивідуально для нагнітача проводять серію вимірювань параметрів компримованого газу: тиск на вході нагнітача, тиск на виході, температура на вході нагнітача, температура на виході, перепад тиску на звужувальному пристрої й щільність перекачуваного газу за повітрям. Серія вимірювань складається з парних кількостей, наприклад, 10 різних режимів роботи нагнітача, на яких фіксують зазначені параметри. Режими довільно розбивають на пари і для кожної пари виконують обчислення наступних значень

$$\Delta Q_i = Q_{i1} - Q_{2i}; \quad (1)$$

де Q_{i1} - продуктивність нагнітача на режимі №1 з i -тої пари вимірювань, $i = 1-5$, $\text{м}^3/\text{хв}$;

Q_{2i} - продуктивність нагнітача на режимі №2 з i -тої пари вимірювань, $\text{м}^3/\text{хв}$;

ΔQ_i - різниця в продуктивності на різних режимах роботи нагнітача в i -тій парі вимірювань;

Продуктивність нагнітача Q , на першому кроці ітерації, визначають за наведеною витратно-напірною характеристикою за приведеним ступенем стиску

$$Q = f(\varepsilon_{\text{пр}}) \quad (2)$$

де $\varepsilon_{\text{пр}}$ - приведений ступінь стиску.

Наведений ступінь стиску у відцентровому нагнітачі розраховують за формулою

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 1 + \left(\frac{m_{v0} \cdot Z \cdot R \cdot T_1}{m_v \cdot Z_0 \cdot T_0 \cdot R_0} \cdot (\varepsilon^{m_v} - 1) \cdot n + 1 \right)^{\frac{1}{m_{v0}}}; \quad (3)$$

де n - відносна частота обертання вала ВЦН;

Z_0 - номінальний коефіцієнт стиснення природного газу;

Z_1 - коефіцієнт стиснення природного газу за параметрами входу;

R_0 - номінальна газова стала, $(\text{кгс} \cdot \text{м})/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

R_1 - поточна газова стала, $(\text{кгс} \cdot \text{м})/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

T_0 - номінальна температура на вході ВЦН, $^{\circ}\text{К}$;

T_1 - поточна температура на вході ВЦН, $^{\circ}\text{К}$;

ε - ступінь стиснення, що визначається за формулою

$$\varepsilon = \frac{P^{\text{вих}} + P_a}{P^{\text{вх}} + P_a}; \quad (4)$$

$P^{\text{вх}}$ - тиск на вході в нагнітач, $\text{кгс}/\text{см}^2$;

$P^{\text{вих}}$ - тиск на виході з нагнітача, $\text{кгс}/\text{см}^2$;

P_a - атмосферний тиск, $\text{кгс}/\text{см}^2$;

m_v - об'ємний показник політропи, що визначається за формулою

$$m_v = \frac{\lg \left(\frac{Z_2 \cdot T_2}{Z_1 \cdot T_1} \right)}{\lg(\varepsilon)}; \quad (5)$$

m_{v0} - номінальний об'ємний показник політропи.

Коефіцієнт стиснення газу Z визначають із модифікованого рівняння стану "Бенедикта-Взбба-Рабина" (BWR).

Далі, для кожної i -тої пари режимів визначають значення коефіцієнта конфузора A_i з наступного рівняння

$$\Delta Q_i = A_i \cdot n_{2i} \cdot \rho_{2i} \sqrt{\frac{\Delta P_{2i}}{P_{2i}^{\text{вх}}}} - A_i \cdot n_{1i} \cdot \rho_{1i} \sqrt{\frac{\Delta P_{1i}}{P_{1i}^{\text{вх}}}}; \quad (6)$$

звідси

$$A_i = \frac{\bar{n}_{2i} \cdot \rho_{2i} \sqrt{\frac{\Delta P_{2i}}{P_{2i}^{вх}}} - \bar{n}_{1i} \cdot \rho_{1i} \sqrt{\frac{\Delta P_{1i}}{P_{1i}^{вх}}}}{\Delta Q_i}; \quad (7)$$

Далі визначають середнє значення A

$$A = \sum_{i=1}^5 \frac{A_i}{5}; \quad (8)$$

На підставі отриманого значення визначають нові значення приведених витрат для кожного j -того з 10 режимів роботи нагнітача

$$Q_j = \bar{n}_j \cdot \rho_j \sqrt{\frac{\Delta P_j}{P_j^{вх}}}; \quad (9)$$

На підставі десяти отриманих приведених витрат компримованого газу, методом апроксимації поліномом третього ступеня, будується нова залежність $Q = f(\varepsilon_{пр})$ і розрахунки від формули (2)

по (9) повторюють доти, поки для будь-яких / буде виконуватися умова

$$S = \left| \frac{A - A_i}{A} \right| \leq 0,01; \quad (10)$$

Технічний результат, якого можна досягти при використанні корисної моделі, виражений у тому, що забезпечується достовірне визначення продуктивності відцентрового нагнітача й, відповідно, споживаної потужності. Достовірне визначення даних параметрів є необхідним при проведенні діагностичних робіт, плануванні, керуванні й контролі за режимами робіт газоперекачувального устаткування магістральних газопроводів і підземних сховищ газу.

Спосіб визначення продуктивності нагнітача заснований повністю на штатних засобах вимірювання параметрів ГПА, що підтверджує можливість реалізації даного технічного рішення і його промислово придатність.