



УКРАЇНА

(19) UA (11) 80917 (13) C2
(51) МПК (2006)
B08B 9/02
C23G 3/00
F01P 11/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ТРУБ АПАРАТІВ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ГАЗУ Й ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) а200603258

(22) 27.03.2006

(24) 12.11.2007

(72) КОЛОМЄЄВ ВАЛЕНТИН МИКОЛАЙОВИЧ, UA,
МАНДРА АНАТОЛІЙ СТЕПАНОВИЧ, UA,
НАЛІСНИЙ МИКОЛА БОРИСОВИЧ, UA, ПОДОЛЯН
ОЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, UA, ПУДРИЙ СЕРГІЙ
ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, СОЛЯНИК ВОЛОДИМИР
ГРИГОРОВИЧ, UA

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

(56)	GB	2200442,	03.08.1988
	RU	2124642,	10.01.1999
	SU	1051367,	30.10.1983
	SU	1052290,	07.11.1983
	SU	1692687,	23.11.1991
	US	6592678,	15.07.2003
	JP	61122497,	10.06.1986

JP 2005196988, 21.07.2005

(57) 1. Спосіб очищення внутрішніх поверхонь труб апаратів повітряного охолодження газу, що полягає у відключенні секції труб від газопроводу, звільненні її від газу, підключенні секції труб до промивної установки, що забезпечує циркуляцію промивної рідини по трубах секції, який **відрізняється** тим, що в процесі промивання вимірюють значення ΔP - перепаду тиску промивної рідини на секції трубопроводів, що промиваються, і значення ϑ - швидкості плинущу промивної рідини, на підставі чого обчислюють різницю $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$, а промивання продовжують до стабілізації зміни різниці $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$ протягом заданого часу.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в процесі промивання додатково вимірюють значення ρ - щільності промивної рідини, на

2

підставі чого обчислюють різницю

$\lg(\Delta P) - \lg \rho - 2 \cdot \lg \vartheta$, а промивання продовжують до стабілізації зміни різниці $\lg(\Delta P) - \lg \rho - 2 \cdot \lg \vartheta$ протягом заданого часу.

3. Промивний пристрій, що реалізує спосіб за п. 1, що має обладнану підігрівником ємність (3), наповнену очисною рідиною (5), насос (4), фільтр (2), який **відрізняється** тим, що в схему уведений диференціальний датчик тиску (6), датчик швидкості плинущу промивної рідини (7), два логарифмічних підсилювачі (9,10), диференціальний підсилювач (11), диференціювальний підсилювач (12), компаратор (13), датчик рівня порога (14) й комутатор двигуна насоса (15), причому один вхід диференціального датчика тиску (6) підключений до виходу насоса (4), а другий вхід - до входу фільтра (2), при цьому вихід диференціального датчика тиску (6), через перший логарифмічний підсилювач (9), підключений до позитивного входу диференціального підсилювача (11), вихід якого підключений до входу диференціювального підсилювача (12), вихід якого, у свою чергу, підключений до першого входу компаратора (13), до другого входу якого підключений вихід датчика рівня (14), при цьому вихід компаратора (13) підключений до комутатора двигуна насоса (15), а вихід датчика швидкості промивної рідини (7) через другий логарифмічний підсилювач (10) підключений до негативного входу диференціального підсилювача (11).

4. Промивний пристрій за п. 3, який **відрізняється** тим, що в схему уведений вимірювач щільності промивної рідини (8), вихід якого через додатковий логарифмічний підсилювач (16), підключений до другого негативного входу диференціального підсилювача (11).

Винахід відноситься до техніки очищення внутрішніх поверхонь трубопроводів

охолоджувальних систем, переважно секцій трубопроводів повітряного охолодження газу.

(13) C2

(11) 80917

(19) UA

Для транспортування газу, на магістральних газопроводах через кожні 100-150 км встановлюють компресорні станції. За допомогою компресорів, встановлених на компресорних станціях, газ піддається примусовому стиску. Стиск газу супроводжується його сильним нагріванням. Для збільшення газу, який закачується у газопровід при заданому тиску, необхідне прийняття додаткових заходів щодо його охолодження. Охолодження газу після компресорів компресорної станції здійснюється за допомогою апаратів повітряного охолодження. Апарат повітряного охолодження представляє собою набір паралельно з'єднаних трубопроводів малого діаметра, об'єднаних у секції. Кожна секція обладнана вентилятором, який забезпечує, якщо виникне необхідність, примусовий обдув трубопроводів.

Природний газ, що проходить по трубопроводах апарата повітряного охолодження, містить тверді й рідкі домішки, які осідають на стінках трубопроводів, зменшуючи їхній ефективний діаметр і збільшуючи гідродинамічний опір всієї секції охолодження. Наявність відкладень на внутрішніх стінках трубопроводів, знижує ефективність охолодження газу й приводить до перевитрати паливно-енергетичних ресурсів.

Відомо спосіб очищення радіаторів від накипу [див. заявку Великобританії N 2200442, кл. F01P11/06, 1988]. Спосіб полягає в промиванні радіатора потоком води за допомогою промивної установки, що містить послідовно встановлені радіатор, фільтр і насос. Зазначене технічне рішення не забезпечує високу якість очищення й не дозволяє оптимізувати час промивання.

Відомо спосіб очищення радіаторів від накипу й пристрій для його здійснення [див. патент Росії 2124642, кл. F01P11/06]. Спосіб полягає в промиванні внутрішньої поверхні радіатора за допомогою рідини, що подається з резервуара за допомогою насоса. Під час промивання радіатор піддається впливу вібрації, створеної за допомогою вібраційної площадки. Спосіб не може бути ефективно використаний для очищення трубопроводів апаратів повітряного охолодження через труднощі установки вібраційної площадки.

Широко відомо спосіб очищення внутрішніх поверхонь труб апаратів повітряного охолодження газу (див., наприклад, описи апаратів повітряного охолодження газу «Нуово Пиньоне», «Крезолуар»), що полягає у відкручуванні пробок-заглушок, встановлених на торцях трубопроводів секцій з наступним чищенням внутрішніх поверхонь труб за допомогою шомпола, що містить стрижень із металевою щіткою. Спосіб відрізняється трудомісткістю, тому що довжина труб існуючих апаратів повітряного охолодження газу досягає 12 метрів при внутрішньому діаметрі 20 мм. Загальна кількість труб апарата перевищує 6 тисяч штук. Пробки-заглушки мають дрібне різьблення довжиною до 20 см. Систематичне відкручування пробок-заглушок і їхнє наступне затягування, приводить до стирання різьблення. Після тривалої експлуатації апаратів

повітряного охолодження газу, більшість заглушок приварюють до труб, що виключає їхнє чищення описаним способом.

Відомо спосіб очищення внутрішніх поверхонь труб апаратів повітряного охолодження газу [див. Струнин В.С., Посягин Б.С. и др. Потери в АВО газа на КС. - в журн. Газовая промышленность, 1992, № 9. - стр. 21-23], що є прототипом винаходу, який заявляється. Спосіб зводиться до промивання секцій труб апаратів повітряного охолодження регенеруємою терморегулюємою рідиною з поверхнево-активними речовинами. Для реалізації способу, секцію труб, що промиваються, відключають від газопроводу й звільняють від газу. Після цього до секції підключають промивну установку, обладнану цистерною з підігрівачем, насосом і фільтром. При цьому підключення секції здійснюють таким чином. Вхід секції, яка промивається, з'єднують із виходом насоса, вхід якого з'єднують із цистерною. Вихід промивної секції через фільтр підключають до цистерни. Далі промивну рідину, що перебуває в цистерні, підігрівають до 40-50°C і за допомогою насоса подають у секцію, що промивається, забезпечуючи циркуляцію мийного розчину протягом декількох годин. Ефективність очищення визначають візуально (контрольною серветкою), а також по перепаду тиску на секції до й після очищення.

Спосіб одержав широке застосування в газовій промисловості. Він дозволяє здійснити очищення внутрішньої поверхні трубопроводів апаратів повітряного охолодження від шару відкладень, однак має недоліки, пов'язані з відсутністю контролю якості очищення в процесі рідинного промивання. Контроль проводиться візуально (контрольною серветкою), для чого необхідне від'єднання промивної установки. Такий метод контролю ускладнює весь процес очищення й не дозволяє об'єктивно судити про ефективність очищення у важкодоступних місцях трубопроводів. Судити про ступінь очищення секції трубопроводів по перепаду тиску газу можливо тільки після підключення секції до газопроводу. Тим більше, оцінка перепаду тиску без урахування інших параметрів (миттєвої витрати газу, температури й т.п.) не дає вичерпної інформації про якість очищення секції трубопроводів.

В основу винаходу покладене завдання спрощення процесу очищення внутрішніх поверхонь трубопроводів апаратів повітряного охолодження газу при одночасному підвищенні його ефективності шляхом забезпечення постійного контролю якості очищення в процесі циркуляції промивної рідини. Це дозволить оптимізувати процес очищення, відводячи на нього мінімально необхідний час.

Завдання вирішується за рахунок того, що в способі очищення внутрішніх поверхонь труб апаратів повітряного охолодження газу, який полягає у відключенні секції труб від газопроводу, звільненні її від газу, підключенні секції труб до промивної установки, що забезпечує циркуляцію промивної рідини по трубах секції, відповідно до винаходу, у процесі промивання вимірюють значення ΔP - перепаду тиску промивної рідини на

секції, що промивається, трубопроводів і значення ϑ - швидкості плинину промивної рідини, на підставі чого обчислюють різницю $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$, а промивання продовжують до стабілізації зміни різниці $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$ протягом заданого часу.

Спосіб заснований на наступному.

З теорії гідродинаміки відомо вираз для перепаду тиску рідини, яка не стискається, в трубопроводі, що може бути представлений у вигляді:

$$\Delta P = P_{\text{вход}} - P_{\text{виход}} = \frac{l \cdot \lambda}{d} \cdot \frac{\rho \cdot \vartheta^2}{2}, \quad (1)$$

де ΔP - перепад тиску на трубі; $P_{\text{вход}}$, $P_{\text{виход}}$ - вхідний і вихідний тиск рідини; λ - коефіцієнт гідралічного опору тертя; l - довжина труби; ϑ - швидкість потоку рідини в трубі; d - внутрішній діаметр труби; ρ - щільність рідини.

Для секції з n - труб, вираз (1) записується у вигляді:

$$\Delta P = \frac{l \cdot \lambda}{d \cdot n} \cdot \frac{\rho \cdot \vartheta^2}{2}, \quad (2)$$

Очевидно, що під час очищення внутрішньої поверхні труб апаратів повітряного охолодження буде знижуватися коефіцієнт λ , збільшуватися ефективний діаметр труб й, при постійному вхідному тиску промивної рідини, буде збільшуватися швидкість її проходження. Параметри l й n у процесі рідинного промивання не змінюються, тому вираз (2) може бути представлений у вигляді:

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot \vartheta^2} = \frac{\lambda}{d} \cdot k_1, \quad k_1 = \frac{l}{2 \cdot n} = \text{const} \quad (3)$$

Вираз (3) може бути прологарифмовано й представлено у вигляді:

$$\lg(\Delta P) - \lg \rho - 2 \cdot \lg \vartheta = \lg \left(\frac{\lambda}{d} \cdot k_1 \right), \quad (4)$$

У більшості випадків застосування, щільність промивної рідини в процесі циркуляції не змінюється. У цьому випадку, вираз (3) спрощується таким чином:

$$\frac{\Delta P}{\vartheta^2} = \frac{\lambda}{d} \cdot k_2, \quad k_2 = \frac{l \cdot \rho}{2 \cdot n} \approx \text{const} \quad (5)$$

Вираз (5) може бути представлений у вигляді:

$$\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta = \lg \left(\frac{\lambda}{d} \cdot k_2 \right), \quad (6)$$

У процесі очищення буде змінюватися відношення $\frac{\lambda}{d}$, причому найкращий ступінь очищення досягається при мінімальному значенні даного відношення (або логарифма даного відношення). У свою чергу, як впливає з виразу

(5), відношення $\frac{\lambda}{d}$ може бути розраховане за значеннями ΔP , ϑ , які можуть бути легко виміряні в процесі рідинного промивання за допомогою

датчика швидкості протікання рідини й диференціального датчика тиску.

Запропонований спосіб полягає в наступному. Секцію трубопроводів, які промиваються, апарата повітряного охолодження газу відключають від газопроводу й звільняють від газу. Після цього до секції підключають промивну машину, що містить послідовно з'єднані фільтр, наповнену промивною рідиною ємність, обладнану нагрівачем, і насос. Вхід секції, що промивається, підключають до виходу насоса, а вихід - до входу фільтра. Крім того, до виходу насоса й входу фільтра секції, яка паралельно промивається, трубопроводів, підключають диференціальний вимірювач тиску. У районі підключення насоса до секції трубопроводів встановлюють датчик швидкості протікання промивної рідини. Після цього промивну рідину підігривають до необхідної температури й включають насос, створюючи необхідну циркуляцію розчину по трубопроводах.

Під час циркуляції промивної рідини здійснюють постійне вимірювання перепаду тиску на секції трубопроводів і значення швидкості плинину промивної рідини, обчислюючи значення різниці $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$. Зменшення різниці $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$ під час циркуляції промивної рідини говорить про активну стадію процесу очищення. Після завершення процесу очищення, різниця $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$ практично перестає змінюватися. При відсутності зміни (або малій зміні) $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$ протягом заданого часу, насос відключають. Мінімальний рівень зміни різниці $\lg(\Delta P) - 2 \cdot \lg \vartheta$ протягом заданого часу, і значення заданого часу можуть визначатися аналітичне, на основі аналізу перехідних процесів з використанням основних положень теорії автоматичного керування.

В якості промивної рідини можуть бути використані спеціальні розчини, наприклад, з поверхнево-активними речовинами, властивості яких істотно змінюються в міру забруднення. У цьому випадку, для контролю ступеня очищення секції трубопроводів, у ємності попередньо монтують вимірювач щільності промивної рідини. При цьому в процесі промивання вимірюють не тільки значення ΔP й ϑ , але й ρ . За обмірюваним значенням розраховують різницю $\lg(\Delta P) - \lg \rho - 2 \cdot \lg \vartheta$ й контролюють її зміну за заданий проміжок часу. Якщо зміна відсутня або вона незначна, насос відключають, і процес очищення завершують.

Пристрій для реалізації запропонованого способу включає послідовно з'єднані фільтр, ємність, наповнену промивною рідиною, і насос. Вихід насоса підключений до входу секції трубопроводів повітряного охолодження, вихід якої підключений до входу фільтра. Крім того, відповідно до винаходу, у схему уведений диференціальний вимірювач тиску, датчик швидкості протікання промивної рідини, два логарифмічних підсилювачі, диференціальний підсилювач, що диференціює підсилювач,

компаратор, задатчик рівня порога й комутатор двигуна насоса, причому один вхід диференціального вимірювача тиску підключений до виходу насоса, а другий вхід - до входу фільтра, при цьому вихід диференціального вимірювача тиску, через перший логарифмічний підсилювач підключено до позитивного входу диференціального підсилювача, вихід якого підключений до входу підсилювача, що диференціює, вихід якого, у свою чергу, підключений до першого входу компаратора, до другого входу якого підключений вихід задатчика рівня, при цьому вихід компаратора підключений до комутатора двигуна насоса, а вихід датчика швидкості промивної рідини через другий логарифмічний підсилювач підключений до негативного входу диференціального підсилювача.

Для реалізації варіанта пропонованого способу очищення, що враховує зміну щільності промивної рідини, відповідно до винаходу, у схему додатково уведений вимірник щільності промивної рідини, вихід якого через додатковий логарифмічний підсилювач підключено до другого негативного входу диференціального підсилювача.

Робота пропонованого способу й пристрою для його здійснення пояснюється малюнками, наведеними на Фіг. 1-3.

Фіг. 1 ілюструє підключення промивної установки до секції автомата повітряного охолодження газу. Де 1 - трубопроводи повітряного охолодження газу, 2 - фільтр, 3 - ємність, 4 - насос, 5 - промивна рідина, 6 - диференціальний датчик тиску, 7 - датчик швидкості плинущої промивної рідини, 8 - вимірник щільності промивної рідини.

На Фіг. 2 представлена функціональна схема електричної частини пристрою, що реалізує пропонований спосіб. Де 6 - диференціальний датчик тиску, 7 - датчик швидкості плинущої промивної рідини, 9 - перший логарифмічний підсилювач, 10 - другий логарифмічний підсилювач, 11 - диференціальний підсилювач, 12 - підсилювач, що диференціює, 13 - компаратор, 14 - задатчик рівня, 15 - комутатор двигуна насоса.

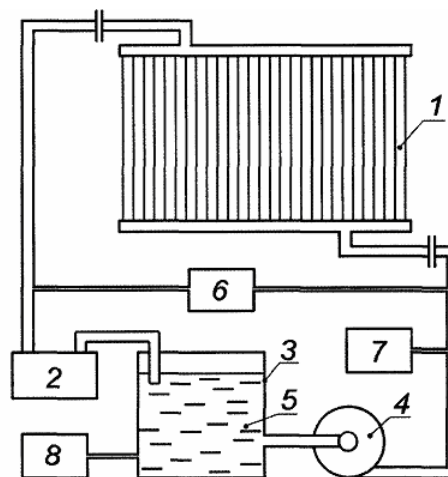
На Фіг. 3 представлена функціональна схема електричної частини пристрою, що реалізує спосіб очищення з урахуванням зміни щільності промивної рідини. Де 6 - диференціальний датчик тиску, 7 - датчик швидкості плинущої промивної рідини, 8 - вимірювач щільності промивної рідини, 9 - перший логарифмічний підсилювач, 10 - другий логарифмічний підсилювач, 11 - диференціальний підсилювач, 12 - підсилювач, що диференціює, 13 - компаратор, 14 - задатчик рівня, 15 - комутатор двигуна насоса, 16 - додатковий логарифмічний підсилювач.

Робота пристрою для реалізації пропонованого способу полягає в наступному. Після підключення промивної установки до секції трубопроводів апарата повітряного охолодження й включення насоса 4, починається циркуляція попередньо підігрітої рідини 5 по трубопроводах 1, у результаті чого починається зміна їхнього

ефективного діаметра й коефіцієнта гідродинамічного опору. Це, у свою чергу, приводить до зміни перепаду тиску на секції, що промивається, швидкості протікання рідини, що промиває, і, у ряді випадків, її щільності.

Електричні сигнали, пропорційні ΔP , ϑ , ρ надходять, відповідно, на перший 9, другий 10 і додатковий 16 логарифмічні підсилювачі. Сигнал на виході диференціального підсилювача 11 буде пропорційний різниці $\lg(\Delta P) - \lg \rho - 2 \cdot \lg \vartheta$. Даний електричний сигнал подається на вхід підсилювача, що диференціює, 12. Сигнал на його виході буде пропорційний швидкості зміни сигналу на його вході, тобто, швидкості зміни різниці $\lg(\Delta P) - \lg \rho - 2 \cdot \lg \vartheta$. Поки величина сигналу на виході підсилювача, що диференціює, 12 не перевищує значення на виході задатчика рівня 14, компаратор 13 перебуває в активному стані на виході, що утримує через комутатор 15 двигун насоса 4 у включеному стані. Наприкінці процесу очищення, швидкість зміни різниці $\lg(\Delta P) - \lg \rho - 2 \cdot \lg \vartheta$ буде зменшуватися. У певний момент, величина сигналу на виході підсилювача, що диференціює, 12 стане менше значення сигналу на виході задатчика рівня 14. Стан на виході компаратора 13 зміниться, що приведе до відключення через комутатор 15 двигуна насоса 4.

Використання пропонованого способу дозволить спростити процес очищення внутрішніх поверхонь трубопроводів апаратів повітряного охолодження газу від відкладень за рахунок відмови від від'єднання промивної установки для оперативного контролю якості очищення. Крім того, використання пропонованого способу дозволить підвищити ефективність очищення за рахунок оптимізації часу, що відводиться на промивання трубопроводів.



Фіг. 1

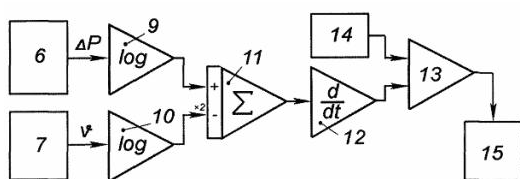


Fig. 2

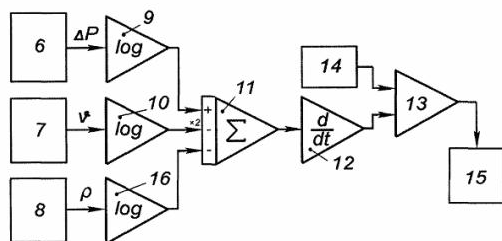


Fig. 3