

Винахід відноситься до галузі вимірювальної техніки і може бути використаний для градування та перевірки лічильників газу.

Відомий спосіб градування та перевірки витратомірів газу, який передбачає витікання газу із резервуару по випробувальній ділянці через стабілізатор тиску та досліджуваний прилад і вимірювання тиску і температури. При цьому витікання газу із резервуару проводять в межах певного проміжку часу і здійснюють витримку для встановлення початкової температури. [1].

Проте даний спосіб градування та перевірки базується на застосуванні рівняння стану газу, в якому температура є постійною величиною при зміні тиску за час однієї перевірки. Це зумовлює складність практичної реалізації алгоритму перевірки внаслідок необхідності визначення похідної $\frac{dP}{dt}$ потреби проведення значної кількості експериментів з метою побудови графіків зміни тиску в часі при різних температурах.

Також відомий спосіб градування та перевірки витратомірів, який передбачає створення розрідження в резервуарі і наповнення його газом, що пройшов через випробувальну ділянку і стабілізатор тиску, та вимірювання тиску і температури. Заповнення резервуару проводять протягом визначеного проміжку часу і здійснюють витримку для врівноваження температури в резервуарі [2].

Проте цей спосіб передбачає використання складного обладнання та математичного забезпечення для розрахунку масової витрати газу через випробувальну ділянку. Другим суттєвим недоліком цього способу є неможливість його використання для перевірки витратомірів та лічильників газу, які були в експлуатації, так як лічильники з експлуатації, як правило, забруднені і відповідно весь бруд з витратомірів та лічильників потраплятиме в процесі перевірки в резервуар, і цим самим викликати зміню мірного об'єму, що вносить додаткову похибку у відтворення одиниці об'єму газу.

Найбільш близьким по технічній суті є спосіб градування та перевірки витратомірів газу ("Спосіб градування та перевірки витратомірів і лічильників газу", Україна Патент на винахід № 54463, Бюл. №3, 2003р.), який передбачає витікання газу із резервуару по випробувальній ділянці через стабілізатор тиску та досліджуваний прилад і вимірювання температури та тиску. При цьому витікання газу із резервуару проводять протягом певного інтервалу часу, додатково задають температурний режим роботи в процесі дослідження.

Проте даний спосіб має суттєвий недолік. При цьому способі градування та перевірки витратомірів та лічильників газу не враховується теплова взаємодія резервуара із навколишнім середовищем в процесі дослідження. Процеси випорожнення резервуару призводять до охолодження, а процеси заповнення резервуару призводять до нагрівання газу в його об'ємі за рахунок явищ, пов'язаних з роботою потоку і його кінетичною енергією. Величина цього ефекту залежить від величини витрати газу. При швидкому заповненні резервуару температура газу може зростати на 10 K або й більше, аналогічно при витіканні газу із резервуару, особливо при великих витратах, спостерігається значне падіння температури газу. Звідси, миттєво після заповнення і витікання газу із резервуару наявні суттєві термічні градієнти. Для великих ємностей, час врівноваження температури газу може сягати кількох годин. Якщо зовнішній бік резервуару знаходиться в неізотермічних або змінних з часом температурних умовах, то стратифікація і нерівномірність температур газу буде наявна навіть після кількох годин, що в результаті приводить до зростання похибки відтворення об'єму газу. Також при цьому способі не враховується відмінність тиску і температури в мірній ємності і тиску та температури в приєднувальній до резервуару арматурі.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалення способу градування та перевірки лічильників газу шляхом регулювання процесом стабілізації температури та тиску в мірній ємності та врахування змін тиску і температури у приєднувальній арматурі, що дозволить усунути вплив на величину сумарної похибки відтворення одиниці об'єму газу температурного градієнту в мірній ємності та відмінність температури і тиску в приєднувальній арматурі, і тим самим підвищити точність відтворення одиниці об'єму газу.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі градування та перевірки лічильників газу, що передбачає наповнення та витікання газу із мірної ємності по випробувальній ділянці через стабілізатор тиску та досліджуваний прилад і вимірювання температури та тиску, згідно із винаходом спочатку мірну ємність заповнюють попередньо охолодженим стиснутим газом, вимірюють абсолютні тиск і температуру у мірній ємності і приєднувальній арматурі, по яких розраховують коефіцієнт стисливості газу для умов початку витікання, потім відкривають подачу попередньо нагрітого газу на випробувальну ділянку і через визначений проміжок часу знов вимірюють абсолютні тиск та температуру у мірній ємності і приєднувальній арматурі з подальшим визначенням коефіцієнта стисливості газу для умов кінця витікання газу. При цьому одночасно вимірюють тиск і температуру перед досліджуваним приладом і розраховують коефіцієнт стисливості для цих умов, після чого, використовуючи рівняння стану газу, за допомогою якого порівнюють зміну маси газу в мірній ємності та приєднувальній арматурі з масою газу, що протекла через досліджуваний прилад, розраховують об'ємну витрату газу через досліджуваний прилад.

Попереднє охолодження газу перед заповненням мірної ємності дозволяє врівноважити температуру в мірній ємності із температурою навколишнього середовища і прискорити процес стабілізації температури в мірній ємності після її заповнення.

Нагрівання газу перед його подачею на випробувальну ділянку дозволяє усунути взаємодію газу в мірній ємності із повітрям навколишнього середовища в процесі дослідження і цим самим забезпечує усунення додаткової похибки у відтворенні одиниці об'єму газу, що зумовлена відмінністю температури газу в мірній ємності і температури навколишнього середовища.

Задача винаходу вирішена за рахунок того, що запропоновано прискорювати процес стабілізації температури та тиску в мірній ємності, тобто виключити вплив на величину сумарної похибки відтворення об'єму газу температурного градієнту, що виникає в процесі заповнення та спорожнення мірної ємності, а

також врахування змін тиску і температури у приєднувальній арматурі для виключення додаткової похибки відтворення одиниці об'єму газу за рахунок відмінності тиску та температури в мірній ємності та в приєднувальній арматурі.

В результаті сумарна похибка градування та перевірки лічильників газу буде меншою, а внаслідок зменшення часу очікування стабілізації температури та тиску в мірній ємності підвищиться продуктивність процесу градування та перевірки.

В результаті в цілому, при градуванні та перевірці лічильників газу використовуємо рівняння стану газу, при якому алгоритм розрахунку витрати газу на досліджуваному приладі описується формулою:

$$q_0 = \frac{V_{\text{емн}} \cdot \left(\frac{P_{\text{емн}}^k}{T_{\text{емн}}^k K_{\text{емн}}^k} - \frac{P_{\text{емн}}^n}{T_{\text{емн}}^n K_{\text{емн}}^n} \right) \frac{T_d K_d}{P_d} + V_n \left(\frac{P_n^k}{T_n^k K_n^k} - \frac{P_n^n}{T_n^n K_n^n} \right) \frac{T_d K_d}{P_d}}{t^k - t^n}$$

Де $V_{\text{емн}}$ - об'єм мірної ємності;

t^k - час закінчення протікання газу;

t^n - час початку протікання газу;

$P_{\text{емн}}^k$, $T_{\text{емн}}^k$, $K_{\text{емн}}^k$, $P_{\text{емн}}^n$, $T_{\text{емн}}^n$, $K_{\text{емн}}^n$ - тиск, температура, коефіцієнт стисливості в мірній ємності на початку і на закінченні протікання газу;

P_n^k , T_n^k , K_n^k , P_n^n , T_n^n , K_n^n - тиск, температура, коефіцієнт стисливості в приєднувальній арматурі на початку і на закінченні протікання газу;

P_d , T_d , K_d - тиск, температура і коефіцієнт стисливості на досліджуваному приладі.

Спосіб градування та перевірки лічильників газу реалізується за допомогою установки (див. фіг.1), яка включає 1 - компресор, 2 - засувку, 3 - теплообмінник, 4 - мірну ємність, 5 - теплообмінник, 6 - стабілізатор тиску та витрати, 7 - досліджуваний прилад (лічильник або витратомір газу).

Заявлений спосіб здійснюється наступним чином.

Спочатку заповнюють мірну ємність стисненим газом, який попередньо охолоджений до температури, що визначається додатковою енергією, яка надається газу джерелом стисненого газу. Потім вимірюють абсолютний тиск, температуру і розраховують коефіцієнт стисливості газу для його умов в мірній ємності і для умов у приєднувальній арматурі (трубопроводі, що з'єднує мірну ємність із стабілізатором тиску та витрати, стабілізатор тиску та витрати), що характеризують умови газу перед його витіканням, а саме

$P_{\text{емн}}^n$, $T_{\text{емн}}^n$, $K_{\text{емн}}^n$, P_n^n , T_n^n , K_n^n .

Далі відкривають подачу повітря (газу) до випробувальної ділянки і через визначений проміжок часу $t^k - t^n$ знову вимірюють абсолютний тиск, температуру і розраховують коефіцієнт стисливості газу для його умов в

мірній ємності і для умов у приєднувальній арматурі, а саме $P_{\text{емн}}^k$, $T_{\text{емн}}^k$, $K_{\text{емн}}^k$, P_n^k , T_n^k , K_n^k . При цьому газ перед поданням на випробувальну ділянку нагрівають до температури, що визначається втратами енергії (ефект Джоуля-Томсона). Водночас, протягом цього проміжку часу вимірюють абсолютний тиск та температуру перед досліджуваним приладом та розраховують коефіцієнт стисливості для цих умов (P_d , T_d , K_d).

Цикл досліджування повторюють необхідну кількість разів, задаючи необхідні проміжки часу витікання повітря (газу) з мірної ємності.

Потім, використовуючи основне рівняння стану газу, за допомогою якого, порівнюючи зміну маси газу в мірній ємності та приєднувальній арматурі з масою газу, що протекла через досліджуваний прилад, розраховують об'ємну витрату газу через досліджуваний прилад:

$$q_0 = \frac{V_{\text{емн}} \cdot \left(\frac{P_{\text{емн}}^k}{T_{\text{емн}}^k K_{\text{емн}}^k} - \frac{P_{\text{емн}}^n}{T_{\text{емн}}^n K_{\text{емн}}^n} \right) \frac{T_d K_d}{P_d} + V_n \left(\frac{P_n^k}{T_n^k K_n^k} - \frac{P_n^n}{T_n^n K_n^n} \right) \frac{T_d K_d}{P_d}}{t^k - t^n}$$

Де $V_{\text{емн}}$ - об'єм мірної ємності;

t^k - час закінчення протікання газу;

t^n - час початку протікання газу;

$P_{\text{емн}}^k$, $T_{\text{емн}}^k$, $K_{\text{емн}}^k$, $P_{\text{емн}}^n$, $T_{\text{емн}}^n$, $K_{\text{емн}}^n$ - температура, коефіцієнт стисливості в мірній ємності на початку і на закінченні протікання газу;

P_n^k , T_n^k , K_n^k , P_n^n , T_n^n , K_n^n - тиск, температура, коефіцієнт стисливості в приєднувальній арматурі на початку і на закінченні протікання газу;

P_d , T_d , K_d - тиск, температура і коефіцієнт стисливості на досліджуваному приладі.

Спосіб ілюструється наступним прикладом.

Приклад 1. За допомогою компресора 1 (див. фіг.1) наповнюють мірну ємність 4 повітрям або іншим газом до заданого тиску. При цьому в процесі наповнення повітря (газ) проходить через теплообмінник 3, в якому відбувається врівноваження температури повітря (газу) із температурою повітря навколишнього середовища. В результаті температура повітря (газу) в мірній ємності близька до температури повітря навколишнього середовища. Потім вимірюють абсолютний тиск, температуру і розраховують коефіцієнт стисливості газу для його умов в мірній ємності і для умов у приєднувальній арматурі (трубопроводі, що з'єднує мірну ємність із стабілізатором тиску та витрати, стабілізатор тиску та витрати), що характеризують умови газу перед його витіканням, а саме $P_{\text{емн}}^n$, $T_{\text{емн}}^n$, $K_{\text{емн}}^n$, P_n^n , T_n^n , K_n^n .

Далі відкривають подачу повітря (газу) до випробувальної ділянки і через визначений проміжок часу t^k - t^n знову вимірюють абсолютний тиск, температуру і розраховують коефіцієнт стисливості газу для його умов в мірній ємності і для умов у приєднувальній арматурі, а саме $P_{\epsilon MN}^k$, $T_{\epsilon MN}^k$, $K_{\epsilon MN}^k$, P_n^k , T_n^k , K_n^k . При цьому газ перед поданням на випробувальну ділянку нагрівають, за допомогою теплообмінника 5, до температури, що визначається втратами енергії (ефект Джоуля-Томсона). Водночас, протягом цього проміжку часу вимірюють абсолютний тиск та температуру перед досліджуваним приладом та розраховують коефіцієнт стисливості для цих умов (P_d , T_d , K_d).

Цикл досліджування повторюють необхідну кількість разів, задаючи необхідні проміжки часу витікання повітря (газу) з мірної ємності.

Потім, використовуючи основне рівняння стану газу, за допомогою якого, порівнюючи зміну маси газу в мірній ємності та приєднувальній арматурі з масою газу, що протекла через досліджуваний прилад, розраховують об'ємну витрату газу через досліджуваний прилад:

$$q_0 = \frac{V_{\epsilon MN} \left(\frac{P_{\epsilon MN}^k}{T_{\epsilon MN}^k K_{\epsilon MN}^k} - \frac{P_{\epsilon MN}^n}{T_{\epsilon MN}^n K_{\epsilon MN}^n} \right) \frac{T_d K_d}{P_d} + V_n \left(\frac{P_n^k}{T_n^k K_n^k} - \frac{P_n^n}{T_n^n K_n^n} \right) \frac{T_d K_d}{P_d}}{t^k - t^n}$$

Де $V_{\epsilon MN}$ - об'єм мірної ємності;

t^k - час закінчення протікання газу;

t^n - час початку протікання газу;

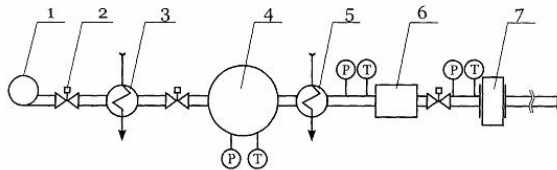
$P_{\epsilon MN}^k$, $T_{\epsilon MN}^k$, $K_{\epsilon MN}^k$, $P_{\epsilon MN}^n$, $T_{\epsilon MN}^n$, $K_{\epsilon MN}^n$ - тиск температура, коефіцієнт стисливості в мірній ємності на початку і на закінченні протікання газу;

P_n^k , T_n^k , K_n^k , P_n^n , T_n^n , K_n^n - тиск, температура, коефіцієнт стисливості в приєднувальній арматурі на початку і на закінченні протікання газу;

P_d , T_d , K_d - тиск, температура і коефіцієнт стисливості на досліджуваному приладі.

Перелік посилань

1. "Способ градуировки и поверки расходомеров газа", СССР ав. св. 546787, Бюл. №6, 1977г.
2. J. D. Wright and A. N. Johnson, Uncertainty in Primary Gas Flow Standards Due to Flow Work Phenomena, FLOMEKO, Salvador, Brazil 2000. - p. 21-47.
3. "Спосіб градування та перевірки витратомірів і лічильників газу", Україна Патент на винахід № 54463, Бюл. №3, 2003р.



Фиг. 1