

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ ПОВІРОЧНИМИ УСТАНОВКАМИ НА БАЗІ РЕЗЕРВУАРА ВИСОКОГО ТИСКУ

© Петришин І.С., Безгачнюк Я.В., 2007

ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”, м. Івано-Франківськ

**Описана удосконалена повірочна установка на базі резервуара високого тиску з метою підвищення точності відтворення об'ємної витрати газу. Приведено рівняння для об'ємної витрати газу цієї установки з урахуванням всіх її фізико-механічних параметрів**

Повірочні установки на базі резервуара високого тиску типу *PVT* знайшли широке застосування в повірочній практиці у світі. В Україні установки такого типу використовуються відносно недавно. В загальному установка типу *PVTt* (рис. 1) складається з мірної ємності (резервуара високого тиску), системи редукування та стабілізації тиску, дослідної ділянки та засобів вимірювання температури та тиску [1].

Рівняння вимірювання повірочної установки на базі резервуара високого тиску описується наступним виразом [1]:

$$q_v = \frac{V_{\text{емн}} \left( \frac{P_{\text{емн}}^k}{T_{\text{емн}}^k \cdot K_{\text{емн}}^k} - \frac{P_{\text{емн}}^n}{T_{\text{емн}}^n \cdot K_{\text{емн}}^n} \right) \cdot \frac{T_D \cdot K_D}{P_D}}{t^k - t^n}, \quad (1)$$

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 відповідно;  $P_D$ ,  $T_D$ ,  $K_D$  – тиск, температура і коефіцієнт стисливості на дослідній ділянці.

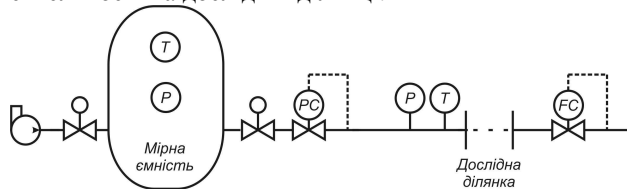


Рис. 1. Схема повірочної установки на базі резервуара високого тиску типу *PVTt*

Метрологічний аналіз установок на базі резервуарів високого тиску [2,3] показує, що найбільш суттєвими джерелами похибки вимірювання об'єму газу є похибка градування мірної ємності, похибка визначення густини газу на початку та в кінці процесу витікання газу із

резервуара, яка в свою чергу залежить від похибок засобів вимірювання тиску та температури. Якщо тиск є величиною малоінерційною і згідно закону Паскаля тиск в резервуарі в статичному режимі однаковий у всіх напрямках, то температура є величиною інерційною і, як правило, нерівномірно розподілена по об'єму резервуара. Тому для точного вимірювання об'єму газу в установках на базі резервуара високого тиску потрібно проводити тривалу витримку резервуара для зрівноваження температури, що і запропоновано в [1]. Однак при такій реалізації повірочної установки не враховується теплова взаємодія резервуара із навколишнім середовищем в процесі дослідження. Процеси спорожнення резервуара 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 К або й більше, аналогічно при витіканні газу із резервуару, особливо при великих витратах, спостерігається значне падіння температури газу. Тому після заповнення і витікання газу із резервуара наявні суттєві термічні градієнти, які зумовлюють додаткову похибку вимірювання температури біля 0,12% [3]. Для великих резервуарів час зрівноваження температури газу може сягати кількох годин. Якщо зовнішня поверхня резервуара 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.

Автори пропонують цю проблему вирішити наступним чином [4]. Резервуар перед початком дослідження заповнюють попередньо охолодженим стиснутим газом, а процес дослідження проводять, нагріваючи газ, що поступає на випробувальну

ділянку до температури навколишнього середовища. Попереднє охолодження газу перед заповненням мірної ємності дозволяє зрівноважити температуру в мірній ємності із температурою навколишнього середовища і прискорити процес стабілізації температури в мірній ємності після її заповнення (рис. 2).

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 від температури навколишнього середовища.

Технічно це реалізується з використанням рідинних теплообмінників із застосуванням системи підігріву та охолодження теплоносія.

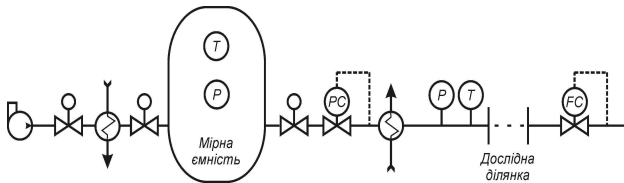


Рис. 2. Удосконалена схема повірочної установки на базі резервуара високого тиску

Запропонована схема реалізації повірочної установки дозволяє прискорити процеси врівноваження температур та виключити складову похибки із-за відмінності температур газу в ємності та температури навколишнього середовища.

Ще однією із складових, що впливає на точність установки і яка не врахована у вказаних публікаціях, – це зміна густини в об'ємі, що обмежений приєднувальними трубопроводами та запірною арматурою. Цю складову слід враховувати тому, що на початку витікання газу із ємності спершу через дослідну ділянку пройде об'єм газу, що знаходиться в приєднувальних трубопроводах, так само по завершенню процесу витікання газу частина об'єму газу з резервуара залишиться у приєднувальному об'ємі.

Тому рівняння вимірювання об'ємної витрати для повірочних установок на базі резервуара високого тиску запишеться в наступному вигляді:

$$q_v = \frac{V_{\epsilon_{MH}} \left( \frac{P_{\epsilon_{MH}}^k}{T_{\epsilon_{MH}}^k \cdot K_{\epsilon_{MH}}^k} - \frac{P_{\epsilon_{MH}}^n}{T_{\epsilon_{MH}}^n \cdot K_{\epsilon_{MH}}^n} \right) \cdot \frac{T_D K_D}{P_D}}{t^k - t^n} + \frac{V_n \left( \frac{P_n^k}{T_n^k \cdot K_n^k} - \frac{P_n^n}{T_n^n \cdot K_n^n} \right) \cdot \frac{T_D K_D}{P_D}}{t^k - t^n}, \quad (2)$$

де  $V_n$  – приєднувальний об'єм;  $P_n^k, T_n^k, K_n^k, P_n^n, T_n^n, K_n^n$  – тиск, температура, коефіцієнт стисливості в приєднувальному об'ємі на початку і на закінченні протікання газу відповідно.

Як видно з рівняння (2), складова, що визначається процесами у приєднувальному об'ємі, суттєва тільки тоді, коли тиск і температура у приєднувальному об'ємі на початку і в кінці витікання газу різними. При рівності густини газу у приєднувальному об'ємі на початку і в кінці процесу витікання газу ця складова прямує до нуля. Це досягається конструюванням приєднувального об'єму з урахуванням його співвідношення до об'єму мірної ємності не менше, як 1 до 500, а також використанням теплообмінника перед дослідною ділянкою.

Запропоновані заходи дозволяють підвищити точність відтворення об'ємної витрати газу установками на базі резервуара високого тиску, а також підвищити продуктивність роботи установок в цілому.

1. Пат. 54463С Україна, МПК G01F 25/00. Спосіб градування та перевірки витратомірів та лічильників газу. В.О. Козак, Б.І. Прудніков, О.Є. Середюк, І.С. Петришин, Я.С. Федоришин. – Опубл. 2003 р. Бюл. №3. 2. Середюк О.Є., Петришин І.С. Метрологічна модель повірочної установки на базі резервуара високого тиску // Матеріали конференції "Витратометрія-2003". – Івано-Франківськ: "Факел", 2003. – С.112-114. 3. Петришин І.С., Безгачнюк Я.В. Метрологічний аналіз повірочної установки на базі резервуара високого тиску // Зб. наук. праць III науково-технічної конф. "Приладобудування: стан і перспективи", 20-21 квітня 2004 р., НТУУ "КПІ", м. Київ, Україна. – С. 249-250. 4. Заявка на винахід №20041210401 МПК G01F 25/00. Спосіб градування та перевірки лічильників газу. І.С. Петришин, Я.В. Безгачнюк.