

ВИМІРЮВАННЯ МАЛИХ ВИТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПЛІВКОВИМ МЕТОДОМ

© Теплюх З., Парнета О., 2002

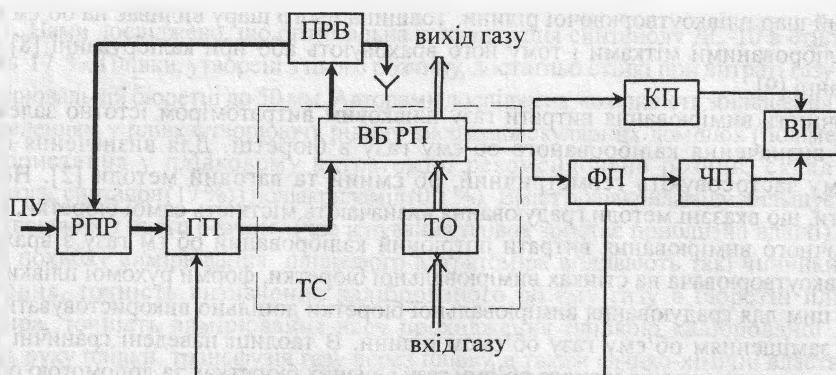
Розглянуто плівковий метод вимірювання газу: фактори, що впливають на точність вимірювання, особливості конструкції витратомірів, вибір плівкоутворюючої рідини, а також вказані рекомендації щодо підвищення точності вимірювань.

This paper describes the method, examines its accuracy, peculiarities of design, choose of the filmformer liquid and recommendations to increase the precision of measurements.

Економія енергоресурсів можлива лише за умови точного їх обліку. Сьогодні актуальним є облік навіть малих витрат природного газу. Важливим питанням обліку газу є метрологічне забезпечення пристроїв для вимірювання його витрати і кількості. Для перевірки побутових лічильників газу в діапазоні $Q_{\min} < Q < 2Q_{\min}$ ($Q_{\min} = 100$ л/год) пропонуємо використовувати плівкові витратоміри, відносна похибка яких може не перевищувати 0,3 % [1,2]. Діапазон вимірювання витрати газу за допомогою плівкового витратоміра – 0,36 ... 360 л/год.

До складу найпростішого плівкового витратоміра входять скляна калібрована бюретка з каналом подачі газу, гумовий балон, заповнений розчином плівкоутворюючої рідини [1]. При натисканні на гумовий балон рівень рідини в ньому зростає і невелика її частина у вигляді плівки підхоплюється потоком газу і переміщується по бюретці. При проходженні плівки через нульову поділку шкали вмикають секундомір і вимірюють час проходження плівкою каліброваної ділянки бюретки. Така конструкція згори задає ручний характер вимірювання і низьку його якість.

Відомі досконаліші конструкції плівкового витратоміра, метою яких є, в основному, підвищення надійності та точності вимірювання, а також автоматизація вимірювання [3]. Такий плівковий витратомір являє собою доволі складний прилад з організованими газовими і рідинними потоками, а також різними електричними системами. На рисунку зображена структурна схема плівкового витратоміра, вимірювальна бюретка якого обладнана додатковими пристроями, які дають змогу підвищити точність і надійність витратоміра. Так, зокрема, коло плівкоутворювача складається з резервуара з плівкоутворюючою рідиною, генератора плівок, а також пристрою руйнування плівок і відведення плівкоутворюючої рідини. Інформаційні канали містять пристрої фіксування проходження плівки (фотоелектричні елементи), часовий пристрій, відліковий пристрій для індикації вимірюної витрати газу, а також коректуючий пристрій для врахування зовнішніх впливів (температури, тиску). Слід відзначити зв'язок між фіксаторами проходження плівки і генератором плівок для забезпечення автоматичного пуску чергового циклу вимірювання. Залежно від умов вимірювання і потрібної точності плівковий витратомір може не містити окремих із вищевказаних пристроїв.



Повна структурна схема плівкового витратоміра.

*ВБ РП - вимірювальна бюретка з рухомою плівкою;
 ГП - генератор плівок; РПР - резервуар з плівкоутворюючою рідиною; ПРВ - пристрій руйнування плівок і відведення плівкоутворюючої рідини; ПУ - плівкоутворююча рідина; ФП - фіксатори проходження плівки; ЧП - часовий пристрій; КП - коректуючий пристрій; ВП - відліковий пристрій; ТО - теплообмінник; ТС - термостат;*

*→ - інформаційні канали;
 ==> - газовий тракт;
 ———> - коло ПУ.*

Основним елементом, що значнію мірою визначає якість вимірювання (зокрема точність і надійність) всякого плівкового витратоміра, є вимірювальна бюретка [3]. Основна функція вимірювальної бюретки – набирання заданої відмітками або автоматичними фіксаторами (переважно оптично-електронними) дози газу за допомогою проштовхуваної газом плівки рідини. У зв'язку з цим як вимірювальні бюретки застосовують переважно скляні циліндричні трубки з внутрішнім діаметром 10...35 мм і довжиною 100...500 мм. Діапазон діаметрів пов'язаний в основному з умовами існування рухомої плівки, а діапазон довжин обмежений, з одного боку, мінімальним часом набирання заданої дози (проходження плівкою каліброваного об'єму), а з іншого – габаритами приладу. Для збільшення верхньої границі вимірювання необхідно застосовувати бюретки великого діаметру, проте збільшення діаметра призводить до збільшення площі поверхні плівки, а тим самим до її нестабільності, а також збільшення деформації плівки. Ці явища разом з високою швидкістю руху плівки визначають верхню границю вимірювання витратоміра. Застосування бюреток з діаметрами, більшими за 50 мм, ускладнює вимірювання витрати, зокрема при застосуванні органічних плівкоутворюючих речовин [4].

При витратах газу, більших за 300 л/год, застосовують вимірювальні бюретки з розширеним нижнім кінцем [3], що робить плівку міцнішою при проходженні каліброваної ділянки бюретки. Підвищення надійності та точності вимірювань за допомогою бюреток з діаметрами, більшими ніж 50 мм, досягають коаксіальним встановленням в них різної форми вставних елементів [5-7], які відіграють роль додаткової опори для рухомої плівки.

Вимірювальна бюретка під час вимірювання повинна мати змочену плівкоутворюючою рідиною внутрішню поверхню, тобто на цій поверхні повинен існувати

стабільний шар плівкоутворюючої рідини. Товщина цього шару впливає на об'єм газу між двома каліброваними мітками і тому його враховують або при калібруванні [8] або при вимірюванні [9].

Точність вимірювання витрати газу плівковим витратоміром істотно залежить від точності визначення каліброваного об'єму газу в бюретці. Для визначення об'єму в основному застосовують геометричний, об'ємний та ваговий методи [2]. Необхідно відзначити, що вказані методи градування визначають місткість самої бюретки, в той час як для точного вимірювання витрати потрібний калібрований об'єм газу з врахуванням шару плівкоутворювача на стінках вимірювальної бюретки, форми рухомої плівки тощо. У зв'язку з цим для градування вимірювальної бюретки доцільно використовувати ваговий метод із заміщенням об'єму газу об'ємом рідини. В таблиці наведені граничні відносні похибки визначення каліброваного об'єму газу в різних бюретках за допомогою об'ємного методу (δ_{V1}), вагового (δ_{V2}), а також методу заміщення об'єму газу об'ємом рідини (δ_{V3}) ($\delta_{\text{зал}}$ – похибка калібрування за рахунок залишку на стінках бюретки крапель води; $\delta_{\text{вип}}$ – похибка, зумовлена випаровуванням води, $\delta_{\text{в бюр}}$ $\delta_{\text{в зр м}}$ – похибки відліку в бюретці та в зразковій мірі, $\delta_{\text{кр}}$ – похибка, зумовлена зайвою краплею води, $\delta_{\text{ш п}}$ – похибка, зумовлена наявністю шару плівкоутворювача на стінках бюретки, δ_{R} – похибка, зумовлена зміною кривизни плівки при проходженні нижньої та верхньої міток у бюретці).

Похибки визначення каліброваного об'єму газу в бюретці

Об'єм бюр-ки, мл	$\delta_{\text{зал}}$ %	$\delta_{\text{вип}}$ %	$\delta_{\text{в бюр}}$ %	$\delta_{\text{в зр м}}$ %	$\delta_{\text{кр}}$ %	$\delta_{\text{ш п}}$ %	δ_{R} %	δ_{V1} %	δ_{V2} %	δ_{V3} %
2	2,55	0,04	0,49	2,5	2,0	11,4	0,31	21,0	16,6	3,0
5	1,99	0,02	0,33	2,0	0,8	9,0	0,26	15,1	12,3	1,5
10	1,64	0,016	0,25	2,5	0,4	7,4	0,21	13,2	9,8	1,0
25	1,15	0,008	0,20	2,0	0,16	5,3	0,28	9,3	6,9	0,8
50	0,96	0,005	0,14	1,0	0,08	4,4	0,24	7,1	5,7	0,6
100	0,73	0,003	0,12	1,0	0,04	3,3	0,33	5,7	4,3	0,6
200	0,53	0,002	0,118	0,5	0,02	2,4	0,37	4,1	3,2	0,6
250	0,49	0,002	0,11	1,0	0,016	2,2	0,37	4,3	2,9	0,6
500	0,37	0,001	0,10	1,0	0,008	1,7	0,32	3,7	2,3	0,6
1000	0,29	0,0007	0,08	1,0	0,004	1,4	0,32	3,3	1,9	0,6
2000	0,21	0,0003	0,07	0,5	0,002	1,0	0,39	2,3	1,4	0,6

Як видно з таблиці, для досягнення максимально можливої точності вимірювання плівкові витратоміри доцільно калібрувати, використовуючи метод заміщення об'єму газу об'ємом рідини.

Особливу увагу необхідно приділяти вибору плівкоутворюючої рідини, яка би забезпечувала міцність утворених з неї плівок, мінімальну дифузію газу через плівку (її непроникність), а також нейтральність. Як робочу рідину для утворення плівок дуже часто застосовують водні розчини мила [10]. Основними недоліками такої рідини є високий тиск насиченої пари води та значна розчинність більшості газів у воді з утворенням побічних продуктів, що призводить до істотного збільшення похибки вимірювання витрати. Для підвищення метрологічних характеристик плівкових витратомірів були розроблені інші рідини для утворення плівки. У [11] запропоновано плівкоутворюючу рідину, що містить етиленгліколь і поверхнево-активну речовину синтанол ДС-10 при співвідношенні 4:1 (за

об'ємом). Нами досліджено, що оптимальна концентрація синтанолу ДС-10 в етиленгліколі становить 17 %. Плівки, утворені з цього розчину, достатньо стійкі при витраті газу до 100 л/год у вимірювальній бюретці до 50 мм. Авторами досліджена можливість збільшення стійкості плівок введенням у плівкоутворюючу рідину високомолекулярних домішок (полімерів) [12]. Для використання у плівковому витратомірі рекомендовано розчин, склад якого – етиленгліколь, синтанол (17%) і поліакриламід (0,1 %). Вміст поліакриламиду збільшує стійкість плівок, утворених з цього розчину (час існування плівок зростає приблизно вдвічі).

На похибку вимірювання плівкового витратоміра впливають такі чинники: умови вимірювання, точність визначення каліброваного об'єму газу в бюретці плівкового витратоміра, точність вимірювання часу проходження плівкою каліброваної ділянки, швидкість руху плівки, трансфузія газу через плівку, а також фізико-хімічні властивості як досліджуваних газів, так і поверхнево-активних речовин та їх розчинників. Основними рекомендаціями, спрямованими на підвищення точності вимірювання, є: 1) використання розчинів нейтральних поверхнево-активних речовин з розчинниками, які практично не випаровуються в умовах вимірювання витрати газу; 2) визначення каліброваного об'єму газу з врахуванням налипання плівкоутворюючого розчину на стінках бюретки; 3) стабілізація вимірюваної витрати газу; 4) автоматизація системи відліку. Вказані рекомендації сприяють зменшенню похибки вимірювань витратоміра.

Застосування високоточних плівкових витратомірів дасть змогу дослідити характеристики лічильників газу в діапазоні від порогу чутливості до Q_{\min} , а також підвищити точність їх градування.

1. Levy A.I. The accuracy of the bubble meter method for gas flow measurements // *J. Scien. Instrum.*, V. 41, 1964.
2. Теплюх З.М., Парнета О.З. Похибки визначення каліброваного об'єму газу в бюретці плівкового витратоміра // *Вісн. НУ «Львівська політехніка»*. 2001, № 432, С. 121-125.
3. Теплюх З.М., Парнета О.З. Вимірювальні бюретки плівкових витратомірів газу // *Методи та прилади контролю якості*. - № 6, 2000.
4. Теплюх З.М., Парнета О.З. Робоча рідина плівкового витратоміра // *Вісн. ДУ «Львівська політехніка»*. 1999, № 378, С.73-76.
5. А.с. 657256 СССР, G 01 F 1/70. Пленочный расходомер / П.Г. Тишин (СССР). - № 2573017/18-10; Заявл. 25.01.78; Опубл. 15.04.79, Бюл. № 14.
6. А.с. 769338 СССР, G 01 F 1/70. Пленочный расходомер / П.Г. Тишин (СССР). - № 2687566/18-10; Заявл. 22.11.78; Опубл. 07.10.80, Бюл. № 37.
7. А.с. 930011 СССР, G 01 F 1/70. Пленочный расходомер / П.Г. Тишин (СССР). - № 2899366/18-10; Заявл. 24.03.80; Опубл. 23.05.82, Бюл. № 19.
8. Пат. 23852 України, G 01 F 1/704. Спосіб визначення місткості вимірювальної трубки плівкового витратоміра / Є.П. Пістун, І.Д. Стасюк (Україна). - № 95073236; Заявл. 10.07.95; Опубл. 31.08.98, Бюл. № 4.
9. А.с. 1631285 СССР, G 01 F 1/42. Пленочно-пузырьковый расходомер / Н.Д. Дубовой, В.Ф. Илясов, А.Ю. Лукичев (СССР). - № 4627415/10; Заявл. 28.12.88; Опубл. 28.02.91, Бюл. № 8.
10. Френкель Б.А. Измерение расхода жидкостей и газов в малотоннажных производствах и на экспериментальных установках. – М., 1989.
11. Пістун Е.П., Теплюх З.Н., Стасюк І.Д. Определение расходных характеристик дроссельных элементов // *Автоматизация и контрольно-измерительные приборы в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности*. – М. 1982.
12. Теплюх З.М., Парнета О.З. Вплив високомолекулярних домішок на якість плівок у мікровитратомірах // *Вісн. ДУ «Львівська політехніка»*. 2000, № 404, С.103-105.