

УДК 681.12.08

З. Теплох, О. ПарнетаНаціональний університет "Львівська політехніка",
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів**ПРИСТРОЇ РІДИННОГО КОНТУРУ
У ПЛІВКОВОМУ ВИТРАТОМІРІ**

© Теплох З., Парнета О., 2003

Influence of filmformer circuit elements on the operation and metrological characteristics of film flowmeters is analysed and ways of their improvement are offered.**Вступ**

Проблеми вимірювання малих і мікровитрат (зокрема підвищення точності та розширення діапазону вимірювання) залишаються актуальними як в сучасних технологіях, так і в експериментальних дослідженнях [1]. Найпоширенішим приладом для вимірювання малих і мікровитрат газів, особливо в лабораторних умовах, є плівковий витратомір (ПВ) [2]. Це зумовлено насамперед можливістю його спрощеного виконання – у вигляді послідовно з'єднаних скляної мірної трубки (МТ), трійника і гумового балона з мильним розчином [1, 2]. При цьому застосовують, як правило, візуальний відлік положення рухомої плівки і ручний секундомір [1 – 3]. Таке виконання зумовлює невисокі експлуатаційні та метрологічні характеристики приладу і в багатьох випадках робить його фактично індикатором витрати. Так, наприклад, лише за рахунок неточності визначення каліброваного об'єму дози газу похибка вимірювання такого приладу може досягати десятків відсотків [4]. З метою підвищення експлуатаційних характеристик і зменшення похибок вимірювань ПВ обладнують низкою додаткових пристроїв, зокрема і в рідинному контурі, вплив яких потрібно дослідити. Деякі з цих питань, зокрема частково були розглянуті в [4 – 8].

Мета цієї роботи – детально розглянути вплив всіх елементів рідинного контуру на якість вимірювання, а особливу увагу звернути на недосліджувані дотепер пристрої руйнування плівок і відведення решток зруйнованих плівок за межі мірної трубки.

Рідинний контур складається з послідовно з'єднаних резервуара рідини (РР), генератора плівок (ГП), мірної трубки (МТ) і пристрою руйнування плівок (ПРВ) та відведення їх решток у резервуар. В процесі вимірювання в усіх цих пристроях знаходиться і частково переміщається по колу плівкоутворююча рідина (ПР). Властивості ПР і всіх вказаних пристроїв істотно впливають на діапазон вимірювання ПВ, а також на експлуатаційні та метрологічні характеристики ПВ.

Склад плівкоутворюючої рідини та вимоги до неї

Плівкоутворююча рідина складається щонайменше з основи (розчинника) і поверхнево-активної речовини (ПАР), крім яких, можуть бути у малих кількостях інші добавки для поліпшення властивостей ПР (зміцнювач, антиспінювач тощо).

Як розчинник дотепер переважно застосовують воду [1 – 3, 9 – 11], внаслідок чого можлива деформація каліброваної дози газу парою води, що спричиняє похибку вимірювання до 3 % [7]. Тому з цією метою необхідно використовувати рідини з високою

температурою кипіння, наприклад, етиленгліколь, формамід тощо [8, 12]. В цьому разі гранична похибка від насичення газу парою розчинника може бути зменшена на два порядки. Крім того, вказані рідини – хімічно інертні, мають меншу розчинність газів, що також сприяє підвищенню точності вимірювання.

Традиційно як ПАР застосовують побутові мийні засоби, серед недоліків яких насамперед відзначимо старіння ПР [12], значну товщину шару ПР на внутрішніх стінках мірної трубки [12], недостатню життєздатність рухомих плівок [8], лужні властивості. Такі властивості побутових мийних засобів призводять до істотного звуження діапазону вимірювань і появи додаткових похибок вимірювання, що в окремих випадках сумарно можуть становити близько 4 % [12]. Тому для посилення поверхнової активності розчинника рекомендують застосовувати оксиетиллові вищі жирні спирти (наприклад, синтанол ДС-10 [13]) або нейногенну речовину ОП-7 (ОП-10) [12], для яких невласливі вищевказані недоліки.

Для підвищення міцності та життєздатності плівок перспективним є застосування як додатка високомолекулярних сполук поліакриламід, полівінілового спирту тощо [8]. Застосування зміцнювачів уможливорює істотно підвищувати верхню границю вимірювань. Для запобігання утворення піни до ПР додають силіконову емульсію [14], яка підвищує точність і надійність вимірювань.

Найбільш загально вимоги до ПР можна сформулювати так:

- здатність утворювати міцні рухомі плівки значних розмірів (наприклад, для МТ з діаметром до 10 см) із тривалістю життєдіяльності у МТ не менше 15 хв;
- добрі змочувальні властивості;
- всі компоненти ПР повинні мати тиск насиченої пари принаймні на два порядки менший, ніж у води;
- незмінність властивостей з часом;
- хімічна інертність та нетоксичність;
- практично не розчиняти в собі газів і мати малі коефіцієнти дифузії газів;
- негігроскопічність;
- відповідні до вибраних джерела світла ДС і фіксатора ФП оптичні властивості;
- не створювати піни; не залишати слідів на внутрішній поверхні МТ.

Як видно з переліку, комплекс вимог є унікальним, вони надзвичайно різноманітні та жорсткі. В той самий час нехтування вказаними вимогами може призвести до непрацездатності приладу (наприклад, внаслідок нежиттєздатності плівок або несприймання фіксатором плівки), до звуження діапазону вимірювань або до недопустимого зростання похибки вимірювання внаслідок деформації дози газу. Зауважимо також, що створення ПР, яка б максимально задовольняла всі вищеперелічені вимоги для будь-якого газу, потребує додаткових досліджень. Нами для використання у ПВ рекомендовано ПР, до складу якого входять етиленгліколь, синтанол (17 %) і поліакриламід (0,1 %).

Резервуар, генератор плівок та мірна трубка

Вплив першого з пристроїв контуру ПР – резервуара РР на якість ПВ є досить скромним. В РР зберігається запас ПР, з нього ПР подається на генератор ГП і в нього поступають рештки зруйнованих плівок. Крім того, він повинен забезпечувати можливість поповнення ПР, контролю рівня ПР і бути герметичним. Особливі вимоги виникають лише при вимірюванні витрати потоків різних газів одним ПВ [15] або газу із змінними

концентраціями компонентів. В цьому випадку площа контакту газу з ПР у резервуарі та кількість ПР в ньому мають бути мінімальними, тому що внаслідок явищ сорбції-десорбції може деформуватися калібрована доза газу, що у разі добре розчинних газів (наприклад, CO_2 , NH_3), може призвести до значних похибок вимірювання. Вказані явища можуть проявлятися ще сильніше у випадку хімічної взаємодії досліджуваного газу з ПР. Якщо ПР на виході з МТ внаслідок взаємодії з газом у РР і МТ змінює свої властивості, то доцільність повернення решток зруйнованих плівок у РР потрібно дослідити.

На відміну від резервуара генератор плівок значною мірою визначає якість роботи плівкового витратоміра в цілому. В [6] проаналізовано властивості різних типів генераторів плівок (трійникового, торцевого, кільцевого та барботажного), узагальнено можливості їх застосування у ПВ. Найдавнішими і найпростішими з них є трійникові генератори плівок, але якість їх роботи невисока (можливе утворення супроводжуючих плівку газо-рідинних утворень, плівки можуть утворюватися “серіями”), що призводить до зменшення об’єму каліброваної дози в окремих випадках до 1 %. Тому, з метою поліпшення метрологічних і експлуатаційних характеристик генераторів плівок були розроблені інші типи, зокрема торцевий, в якому плівка утворюється на нижньому торці вимірювальної МТ внаслідок короткочасного контакту його з плівкоутворюючою рідиною (в різних варіантах або за допомогою рухомої чашки з ПР, або за допомогою піднімання рівня ПР в резервуарі, або за допомогою опускання МТ). Перевагою торцевих генераторів є те, що завжди утворюється тільки одна плівка, істотно зменшується надлишок рідини біля плівки, що уможливило підвищити надійність і точність вимірювань. Близькими до торцевих є кільцеві генератори, в яких чашка замінена на кільце. В таких генераторах на вхідний торець МТ подається сформована плівка, утворена при витяганні з резервуара з ПР попередньо зануреного кільця, діаметр якого більший від діаметра МТ, завдяки чому у МТ входить плівка без периферійної потовщеної частини. Це практично виключає можливість входу в бюретку плівки із супроводжуючими газо-рідинними утвореннями, які можуть зменшувати калібрований об’єм МТ. В цьому разі можна вважати, що плівка і особливо її меніски у МТ мають завжди регламентовану форму і тому відповідна похибка зведена до незначної величини.

Мірна трубка є основним елементом ПВ, що визначає точність і діапазон вимірювання [5]. Основна її функція – набирання заданої положеннями фіксаторів дози газу за допомогою проштовхуваної газом плівки рідини. При цьому плівка може рухатися вздовж МТ лише за наявності шару ПР на внутрішній поверхні МТ. Величина каліброваної дози газу визначається положеннями фіксаторів, можливими змінами форми плівки, товщиною шару на внутрішній поверхні МТ, а також температурою і тиском газу у МТ. Найбільший вплив на точність вимірювання може мати похибка визначення каліброваного об’єму (наприклад, 13,2 % для МТ об’ємом 10 мл при об’ємному методі калібрування). З метою мінімізування похибки визначення каліброваної дози газу МТ доцільно калібрувати, використовуючи ваговий метод із заміщенням каліброваної дози газу об’ємом рідини [4]. Похибку калібрування при цьому можна звести до 0,01...0,03 % залежно від розмірів МТ. Істотний вплив чинять також похибки від можливої зміни товщини шару ПР [16], що визначається переважно властивостями ПР і властивостями і станом внутрішньої поверхні МТ, яка повинна забезпечувати змочуваність, близьку до граничної. Форма рухомої плівки залежить від властивостей ПР і величини вимірюваної витрати. Величина похибки від зміни товщини шару може сягати 0,8 %, а від зміни форми плівки – 0,4 %. Для зменшення впливу температури і тиску газу необхідно вносити відповідні поправки або, що краще, стабілізувати ці параметри [17].

Руйнування плівок та відведення їх решток

У найпростішому ПВ [1, 2] руйнування плівок відбувається, як правило, на вихідному торці МТ і рештки зруйнованих плівок можуть стікати вниз у калібровану частину МТ, що зменшує калібрований об'єм МТ. Додаткова похибка від залишків зруйнованих плівок може нагромаджуватися і особливо для МТ малих об'ємів може досягати відчутної величини. Так, у виконаному нами експерименті для МТ об'ємом 25 мл після проходження 10 плівок фактичний об'єм порівняно з номінальним зменшився на 0,16 %. В той самий час необхідність обов'язкового руйнування плівки на виході ПВ може виникати, наприклад, у випадку, коли вихід ПВ підключений до технологічного обладнання, в якому недопустима поява ПР. У зв'язку з цим, у багатьох розробках ПВ застосовані різні пристрої для руйнування плівок, а також для відведення залишків у резервуар, в якому зберігається запас ПР і з якого ПР використовується генератором плівок.

У відомих варіантах ПВ застосовують різні способи руйнування плівок. Це, наприклад, можна зробити шляхом розтягу плівки за допомогою розширення верхнього торця МТ [19, 20]. Проте цей спосіб не є надійний для досить пружних плівок і практично неконструктивний для МТ порівняно великих діаметрів (наприклад, більше 5 см) [3]. Дещо ефективнішим і простішим є руйнування плівки за допомогою голки, встановленої назустріч рухомій плівці на виході з МТ [18, 19, 21, 22]. При цьому в одному з варіантів ПВ в електричне коло, в яке включені голка і плівка, в момент дотику подається імпульс струму, що сприяє руйнуванню плівки [18]. Оригінальним є спосіб руйнування плівки за допомогою нагрітої струмом спіралі [23], проте в цьому випадку можуть змінюватися склад і властивості плівкоутворюючої рідини, яка перебувала в зоні підвищених температур, внаслідок чого вона не може бути повернена в резервуар РР.

Практичним способом запобігання ймовірності потрапляння решток зруйнованих плівок у калібровану ділянку МТ є загинання на 180° верхньої частини МТ [23], хоча реалізація цього способу є ускладнена для ПВ з мірними трубками великих діаметрів, для яких рекомендуємо спосіб, описаний в [24].

Для відділення плівкоутворюючої рідини від газу на виході МТ встановлюють сепаратор, через верхній патрубок якого виходить газ, а нижнім патрубком за допомогою додаткової трубки ПР із зруйнованих плівок повертається в резервуар [10, 19, 23, 24].

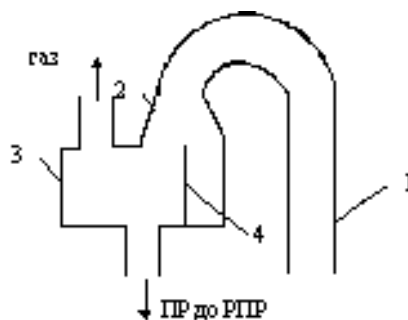


Рис. 1. Схема верхньої частини МТ з допоміжними пристроями:
1 – мірна трубка; 2 – конусне розширення 3 – сепаратор; 4 – голка

Виходячи з виконаного аналізу, пропонуємо оптимальний, на наш погляд, варіант вирішення схеми верхньої частини МТ з пристроями для руйнування плівки, запобігання потрапляння решток плівки у калібрований об'єм МТ, сепарації газу і повернення ПР у резервуар (рис. 1).

Для ПВ з МТ великого діаметра можна рекомендувати конструкцію верхньої частини МТ, показану схематично на рис. 2 і описану в [24]. У такому відокремлювачі рухома плівка 1 виходить з МТ 2, торкається перегородки 3, перетворюючись із сферичної форми у форму “обручки”, ковзає по горизонтальних поверхнях корпусу 4 відокремлювача в сторони від центра, поки не “ляже” на бічну поверхню корпусу, звідки рідина стікає через відвідну трубку 5 в РР. На рис. 2 показані окремі положення рухомої плівки. Вихід газу здійснюється через отвори у перегородці та відвідну трубку 6. На відміну від відокремлювача (рис. 2) у цьому випадку не виключена ймовірність попадання решток зруйнованих плівок всередину МТ при руйнуванні рухомої плівки від дотику до перегородки.

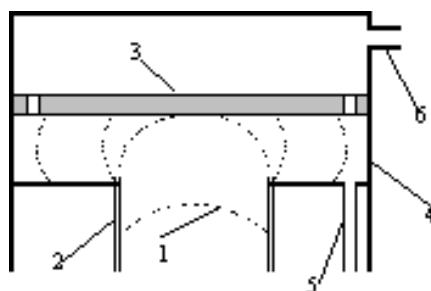


Рис. 2. Схема відокремлювача ПР і газу для МТ великих діаметрів:
1 – рухома плівка; 2 – мірна трубка; 3 – перегородка;
4 – корпус; 5 – відвідна трубка ПР; 6 – відвідний патрубок газу

Висновки

Проаналізовано вплив усіх елементів рідинного контуру на експлуатаційні та метрологічні характеристики плівкових витратомірів і запропоновані шляхи їх поліпшення.

1. Френкель Б.А. Измерение расхода жидкостей и газов в малотоннажных производствах и на экспериментальных установках. – М., 1989. 2. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. 4-е изд. – Л., 1989. 3. Levy A. The accuracy of the bubble meter method for gas flow measurements // J. Scien. Instrum., V.41, 1964. 4. Теплох З.М., Парнета О.З. Похибки визначення каліброваного об'єму газу в бюретці плівкового витратоміра // Вісн. НУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація". – 2001. – № 432. – С. 121 – 125. 5. Теплох З.М., Парнета О.З. Вимірювальні бюретки плівкових витратомірів газу // Методи та прилади контролю якості. – 2000. – № 6. – С. 64 – 68. 6. Теплох З.М., Парнета О.З. Генератори плівок мікровитратомірів газів // Вісн. НУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація". – 2002. – № 460. – С. 78 – 81. 7. Теплох З.М., Парнета О.З. Робоча рідина плівкового витратоміра // Вісн. НУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація". – 1999. – № 378. – С. 73 – 76. 8. Теплох З.М., Парнета О.З. Вплив високомолекулярних домішок на якість плівок у мікровитратомірах // Вісн. НУ "Львівська політехніка" "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація". – 2000. – № 404. – С. 103 – 105. 9. Пат. 2 092 742 А Великобританії, G 01 P 5/18. Bubble flowmeter / Peter Small (Великобританія). – № 8 104 006; Заявл. 10.02.81; Опубл. 18.08.82. – 5 с. 10. Патент 4.691.577 США, G 01 F 1/708. Soap film gas flowmeter / Hill S. Lalin (США). – № 837847; Заявл. 10.03.86; Опубл. 08.09.87. – 11 с. 11. Патент 4.879.907 США, G 01 F 1/708. Soap film flowmeter / Dwight Patterson (США). – № 14.577; Заявл. 13.02.87; Опубл. 14.11.89. – 7 с. 12. Березкин В.Г., Заходский Л.В. Способ уменьшения погрешности измерения расхода газа // Журнал аналитической химии. – 1986. –

Вып. 4. – С.750-752. **13.** Пистун Е.П., Стасюк И.Д., Теплюх З.Н. Определение расходных характеристик дроссельных элементов // Автоматизация и контрольно-измерительные приборы в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М., – 1982. – № 4. – С. 28 –30. **14.** Мюллер Г., Гнаук Г. Газы высокой чистоты / Пер. с нем. – М., 1968. – 236 с. **15.** Романько К.С., Савченко И.Б., Сицинский А.И. Метрологическая аттестация динамической газосмесительной установки // Измерительная техника. – 1981. – № 3. – С. 62 – 64. **16.** А.с.1631285 СССР, G 01 F 1/42. Пленочно-пузырьковый расходомер / Н.Д. Дубовой, А.Ю. Илясов. (СССР). – № 4627415/10; Заявл. 28.12.88; Опубликовано. 28.02.91, Бюл. № 8. – 4 с. **17.** Шмудевич Э.А., Большаков Д.А., Чехов Е.Е. Прибор для измерения объемных скоростей газового потока при атмосферном и пониженном давлении // ЖФХ. – 1973. – Т. 47, № 1. – С. 264 – 265. **18.** А.с. 1017929 СССР, G 01 F 1/70. Пленочный расходомер / В.П. Делямуре, С.А. Сирота (СССР). – № 2661116/18-10; Заявл. 05.09.78; Опубликовано. 15.05.83, Бюл. № 18. – 3 с. **19.** Пат. 143 823 НДР, G 01 F 1/70. Seifenfilmstromungsmesser mit digitaler Anzeige der Stromungsgeschwindigkeit / Schone Gerd (НДР). – Заявл. 22.05.79; Опубликовано. 10.09.80. – 8 с. **20.** А.с. 651196 СССР, G 01 F 3/00. Устройство для измерения расхода газа / В.Г. Березкин, С.В. Мельникова, В.Л. Худяков (СССР). – № 2537172/18-10; Заявл. 27.10.77; Опубликовано. 05.03.79, Бюл. № 9. – 2 с. **21.** Патент 13107 України, G 01 F 1/70. Плівковий витратомір / А.Ф. Данько, І.С. Ігнашкін. – № 5100024/ SU; Заявл.08.05.91; Опубликовано.28.02.97, Бюл. № 1. – 5 с. **22.** Пат. 4.914.955 США, G 01 F 1/708. Soapfilm flowmeter device for measuring gas flow rates / David A. Stonestrom (США). – № 258,955; Заявл. 29.08.88; Опубликовано. 10.04.90. – 5с. **23.** Пинкава Я. Лабораторная техника непрерывных процессов. – М., 1961. **24.** Пат. 4.762.004 США, G 01 F 1/708. Gas flowmeter and soap bubble generator / Hill S. Lalin, William T. Fleming, Jorge E. Bermudez (США). – № 911.369; Заявл. 25.09.86; Опубликовано. 09.08.88. – 9с.

УДК 681.121:533.21

Л. Лесовой

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації теплових і хімічних процесів

ОБЧИСЛЕННЯ ВИТРАТИ ПАРИ ЗА МЕТОДОМ ЗМІННОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ

© Лесовой Л., 2003

The algorithm of calculation of flow rate steam by the method of variable swing of pressure is considered. The equations for the calculation coefficient of discharge, corrective coefficient on blunting a square-wave corner under the inlet of orifice-plate and corrective coefficient on roughness internal surface of pipe are brought. Offered new methods of calculation of density and isentropic exponent steam for the calculation of flow rate this heat carrier.

Вступ

Економія паливно-енергетичних ресурсів та економне їх використання є основним завданням сьогодення. При економному використанні паливно-енергетичних ресурсів, до яких відноситься пара, основну роль відіграє визначення витрати пари. Тому питання підвищення точності вимірювання та порядок виконання розрахунку витрати та кількості пари є актуальним завданням. На сьогодні основним методом визначення витрати пари є