

- 3 Янтурин А.Ш. Исследование деформации бурильной колонны в процессе бурения. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Тюмень, 1975. – 26 с.
- 4 Івасів В. М. Методи та засоби управління бурильною колонною для забезпечення її надійності. Автореф. дис. докт. техн. наук. – Івано-Франківськ, 1999, – 31 с.
- 5 Работа бурильной колонны в скважине / Б.З.Султанов, Е.И.Ишемгужин, М.Х.Шаммасов, В.Н.Сорокин. – М.: Недра, 1973. – 217 с.
- 6 Кирия Т. А. Совершенствование проходки глубоких скважин. – М.: Недра, 1971. – 167 с.
- 7 Сароян А. Е. Теория и практика работы бурильной колонны. – М.: Недра, 1990. – 264 с.
- 8 Расчет бурильных труб в геологоразведочном бурении / Е.Ф.Епштейн, В.И.Мацейчик, И.И.Ивахнин, А.Ш.Асатурян. – М.: Недра, 1979. – 160 с.
- 9 Подавалов Ю.А. Исследование распределения крутящего момента по длине сжатой части бурильной колонны при роторном бурении // Труды ВНИИТнефть. – 1978. – Вып. 10. – С. 57–62.
- 10 Практические расчеты в бурении / В.С.Федоров, В.Г.Беликов, Ф.Д.Зенков и др. – М.: Недра, 1966. – 600 с.
- 11 Зейналов И. Э. Исследование влияния фильтрации бурового раствора и свойств жидкостей, используемых в качестве ванны на характер взаимодействия колонны труб в глинистой корке // Изв. ВУЗов Нефть и газ. – 1991. – №8. – С. 46-51.
- 12 Измерение сил, действующих на колонну бурильных труб и ее элементов движения в процессе бурения / Дейли, Дейринг, Пафф, Ортлофф, Линн // Тр. АОИМ. Конструирование и технология машиностроения. – 1968. – №2. – С. 24-34.

УДК 389:681.121

КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ДЕРЖАВНОЇ ПОВІРОЧНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

О.Є.Середюк, І.С.Кісіль

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46077
e-mail: zarichna@nung.edu.ua*

Обоснована необхідність удосконалення поверочної схеми для засобів вимірювання об'єму та об'ємного расхода газу. Предложенны технические и методологические новшества развития поверочной схемы для передачи единиц измерения с учетом изменения вида рабочей среды

The ground of the necessity for improvement of the verification scheme for the means measuring volume and volume flow rate of gas is conducted. The technical and methodological innovations of the development of the verification scheme for transference of the units of the measure is proposed and the kind of the working environment is took into consideration

Постановка проблеми. Одним із напрямків досягнення енергетичної безпеки країни шляхом раціонального використання енергоносіїв є впровадження сучасних засобів і методів вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу. Це можливо за умови вдосконалення існуючої національної еталонної бази та створення нових еталонних засобів у галузі витратометрії природного газу, а також застосування новітніх технологій метрологічного забезпечення обліку газу у народному господарстві і побуті. Тому покращенню метрологічного забезпечення у цій сфері надається значна увага, зокрема як в технічному аспекті шляхом розроблення нових еталонних засобів, так і нормативному - шляхом розроблення нових документів метрологічного спрямування. Свідченням цього є створення в Україні в 1996 році державного спеціального еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу ДЕТУ 03-01-96 і впровадження в дію державного стандарту ДСТУ 3383-96 [1]. Однак зростаючі вимоги до

точності вимірювання об'єму і витрати газу зумовили розроблення і впровадження в експлуатацію робочих засобів витратовиміральної техніки підвищеної точності при одночасному суттєвому розширенні парку вказаних приладів обліку привели до необхідності вдосконалення державної поверочної схеми в галузі витратометрії газу [2] і набуття з 01.07.2007р. чинності нової редакції національного стандарту України ДСТУ 3383:2007 [3].

Однією із найважливіших новацій цієї поверочної схеми є зростання числа ступенів передавання одиниць об'єму і об'ємної витрати газу, а також запровадження у галузі витратометрії нових видів еталонних засобів, зокрема, еталонів передавання, вторинних еталонів і робочих еталонів, які в попередній редакції поверочної схеми [1] були об'єднані в одне поле зразкових засобів виміральної техніки. Однак нова поверочна схема передбачає її реалізацію тільки на одному виді газу, наприклад, повітрі, газі-заміннику чи природному газі. Вод-

ночас наявна на сьогоднішній день її практична реалізація засвідчує, що внаслідок функціонування державного еталона на повітрі передавання одиниць вимірювання здійснюється з використанням саме цього виду робочого середовища, а не природного газу, на якому функціонує переважна більшість засобів його обліку. Тому актуальним є розроблення концепції подальшого розвитку державної повірочної схеми для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що як еталони передавання в переважній більшості застосовують мобільні (трансферні) засоби, які конструктивно реалізовані на турбінних чи роторних лічильниках газу [4] або витратомірах на базі критичних сопел [5]. Однак всі відомі методи передавання ними одиниці об'єму передбачають використання одного виду робочого середовища, найчастіше повітря. Такий підхід передбачає перерахунок градувальної характеристики еталонних засобів з повітря на природний газ або застосування непрямого методу метрологічної атестації повірочних установок, що може внести методичну похибку при визначенні метрологічних характеристик засобів обліку природного газу.

Передавання одиниць витратовимірювання з використанням природного газу [6] в Україні не набуло поширення внаслідок складності проведення такого процесу, дороговизни експериментів і практичної відсутності еталонних засобів, які були б атестовані на природному газі. Поряд з цим перші практичні результати вирішення цієї проблеми на Україні вже з'явилися після проведення метрологічної атестації калібрувальної установки у ВАТ «Івано-Франківськгаз» (м. Івано-Франківськ) [7], яка функціонує на природному газі. Крім того, не слід нехтувати можливостями поршневої витратовимірювальної установки РПДУ-41пг [8], яка була створена наприкінці 80-х років в управлінні газового господарства м. Дніпропетровська за розробкою фахівців Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (раніше Івано-Франківський інститут нафти і газу). Ця установка раніше була метрологічно атестована [9] і в даний час розглядається питання щодо її технічного переоснащення з можливістю передемонтажу в Центрі метрології нафти, нафтопродуктів, природного та зрідженого газу у м. Боярці під Києвом.

Таким чином, з врахуванням реального функціонування державного еталона на повітрі з метою забезпечення передавання одиниць вимірювання для умов природного газу потребують подальшого розвитку відповідні нормативні документи щодо засобів витратовимірювання.

Мета дослідження. Обґрунтування і розроблення концепції розвитку державної повірочної схеми для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу з метою забезпечення передавання одиниць вимірювання при зміні виду робочого середовища і досягнення при цьому практичних результатів мет-

рологічної атестації і повірки засобів вимірювальної техніки на природному газі.

Виклад основного матеріалу. В [10] розглядаються принципи побудови еталонів передавання одиниць об'єму природного газу в контексті державної повірочної схеми, які зводяться до введення в державну повірочну схему еталонів передавання одиниць об'єму і об'ємної витрати, особливістю яких була би їх практична реалізація при зміні виду робочого середовища, зокрема з повітря на природний газ. При цьому технічна реалізація таких еталонів забезпечує як передавання одиниці за різних параметрів робочого середовища, так і зв'язання з первинними, вторинними чи робочими вітчизняними еталонами, а також з аналогічними закордонними еталонними засобами.

Перший напрям реалізації запропоновано-го принципу побудови еталонів передавання одиниць витратовимірювання при зміні виду робочого середовища полягає в створенні еталонів передавання на базі еталонних критичних сопел, для яких експериментальним шляхом знаходять значення коефіцієнта витрати, а потім його значення коригується для умов функціонування еталону на природному газі. Апробація цього методу здійснена на поршневій витратовимірювальній установці природного газу РПДУ-41пг, що забезпечило її метрологічну атестацію з сумарною похибкою $\pm 0,4\%$ і $\pm 0,41\%$ [9] для режимів відтворення і вимірювання витрати і об'єму природного газу відповідно.

Другий напрям побудови еталонів передавання – створення еталонних засобів на базі витратомірів змінного перепаду тиску, що методологічно обґрунтовано в [11], а технічна реалізація захищена патентом України на корисну модель [12]. Для цих еталонів спочатку експериментальним шляхом за умови повітря як робочого середовища визначається значення градувального коефіцієнта, за який приймають добуток коефіцієнта витікання звукувального пристрою і коефіцієнта розширення робочого середовища на ньому. При функціонуванні еталона на природному газі здійснюють коригування цього градувального коефіцієнта стосовно параметрів і складу природного газу.

Тому з врахуванням розробленої в [10] нової методології передавання одиниці об'єму та об'ємної витрати газу при зміні робочого середовища доцільним є розроблення концепції розвитку державної повірочної схеми [3], перш за все щодо забезпечення єдності вимірювань у сфері витратовимірювання природного газу. Запропоновані напрямки вдосконалення подано у вигляді доповнення (рис. 1) до чинної повірочної схеми, яку очолює державний первинний еталон одиниці об'єму в діапазоні від 0,4 до 1 м^3 та об'ємної витрати газу в діапазоні від $1,1 \cdot 10^{-3}$ до $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$. Цей еталон створений на базі дзвонової еталонної установки з інформаційно-вимірювальним комплексом для збирання та оброблення інформації, отриманої з вимірювальних каналів установки. Державний еталон характеризується такими метрологічними характеристиками [3]:

- невилучена систематична похибка (НСП) не перевищує $\Theta_B = 5 \cdot 10^{-4}$, а середнє квадратичне відхилення (СКВ) результату вимірювання не перевищує $S_B = 9 \cdot 10^{-4}$ в режимі відтворення об'єму газу;

- НСП не перевищує $\Theta_B = 6 \cdot 10^{-4}$ і СКВ результату вимірювання не перевищує $S_B = 1 \cdot 10^{-3}$ в режимі відтворення об'ємної витрати газу;

- сумарне СКВ результатів звіряння S_{Σ} еталонів передавання, вторинних еталонів та робочих еталонів з державним еталоном не повинне перевищувати $1,1 \cdot 10^{-3}$.

Принциповою відмінністю вдосконаленої повірочної схеми є перенесення поля «Робочі еталони, запозичені з інших повірочних схем» із зони метрологічної ієрархії після поля еталонів передавання в зону перед полем еталонів передавання. Це дає можливість розроблення еталонів передавання з врахуванням одиниць вимірювання якісних параметрів природного газу: густини, вологості, компонентного складу. Для цього застосовуються еталонні густиніміри природного газу за ГОСТ 17310, еталонні вологоміри природного газу за ГОСТ 20060, еталонні хроматографи природного газу за ГОСТ 23781.

Робочі еталони, запозичені з інших повірочних схем, застосовують для перевірки вторинних еталонів та робочих еталонів, що входять до складу повірочних установок, методами опосередкованих вимірювань та безпосереднього звіряння. Відносна похибка результатів звіряння δ_B робочих еталонів та вторинних еталонів з робочими еталонами, запозиченими з інших повірочних схем, не повинна перевищувати $1 \cdot 10^{-3}$.

У відповідності до розробленої вдосконаленої схеми еталони передавання технологічно повинні забезпечувати можливість реалізації на базі еталонних установок, які можуть функціонувати на двох видах робочого середовища: повітрі і природному газі.

Науково обґрунтованими згідно з результатами проведених авторами досліджень і доступними для практичної реалізації будуть такі види еталонів передавання: на базі установок PVTt-типу, на базі еталонних критичних сопел, на базі витратомірів змінного перепаду тиску і у вигляді набору еталонних лічильників та витратомірів.

Установки PVTt-типу передбачають застосування опосередкованого методу вимірювання витрати газу шляхом поетапного вимірювання тиску та температури газу в каліброваній ємності і розрахунку при цьому фактора стисливості робочого середовища з наступним розрахунком об'єму або витрати газу, який пройшов через повірюваний прилад. Відсутність рухомих елементів для відліку відтворюваних значень контрольного об'єму газу, незначні габаритні розміри і можливість їх реалізації на повітрі і природному газі, а також новітні технічні аспекти реалізації і алгоритм функціонування [13] відкривають перспективи їх практичного застосування як еталонів передавання. Тому на даний час дослідні зразки цього типу установок вже

знаходяться на стадії науково-експериментальних досліджень і промислового впровадження в Україні, зокрема, в умовах ВАТ «Івано-Франківськийгаз» (м. Івано-Франківськ).

Принцип дії установок на базі критичних сопел полягає у створенні на соплі, через яке протікає повітря або інше робоче середовище (природний газ), надкритичного перепаду тиску. Перевагою цих установок є висока стабільність відтворюваних витрат. Однак в них відсутня можливість регулювання об'ємної витрати на кожному окремому соплі і необхідне застосування спеціальних технічних пристроїв для забезпечення критичних режимів протікання газу, що можливе завдяки застосуванню нових технічних рішень [14]. Це обґрунтовує можливість застосування на їх базі еталонів передавання.

Установки із застосуванням набору еталонних лічильників або витратомірів газу набули найбільшого поширення як еталони передавання у вітчизняній метрологічній практиці при функціонуванні на повітрі [4] і у закордонних установках при функціонуванні на природному газі [6]. Як еталонні засоби застосовуються певним чином відібрані серійні лічильники газу, які конструктивно модернізовані і метрологічно атестовані. Однак для їхнього застосування на природному газі здійснюють процедуру балансування за числом Рейнольдса, чим забезпечується можливість їх використання як еталонів передавання при зміні виду робочого середовища.

Можливість застосування еталонних витратомірів змінного перепаду тиску [15] базується на необхідності точного визначення значень їх коефіцієнта витікання і коефіцієнта розширення робочого середовища [11]. З врахуванням застосування для цієї мети державного еталона або робочих еталонів у вигляді повірочних установок дзвонового типу стає можливим зменшення до $\pm 0,25\%$ похибки цього типу еталонів передавання [16] порівняно з похибкою $\pm(0,4-0,5)\%$ [15] розрахункового методу її визначення для цього типу засобів вимірювання.

У відповідності до розробленого проекту вдосконалення на базі основ побудови повірочної схеми [17] до кожного з цих еталонів передавання спочатку методом безпосереднього звірення передається одиниця вимірювань об'єму або об'ємної витрати повітря, так як державний еталон працює на повітрі. Після цього методом опосередкованих вимірювань за допомогою робочих еталонів, запозичених з інших повірочних схем, здійснюється коригування градувальних коефіцієнтів еталонів передавання і параметрів для умов їх функціонування, зокрема, густини, компонентного складу і вологості природного газу. Безпосереднє звіряння застосовується для визначення якісних параметрів природного газу при роботі еталонів на природному газі, наприклад при заповненні ним ємності установки PVTt-типу або при монтажі інших зазначених в повірочній схемі еталонів передавання в лінії газопроводу.

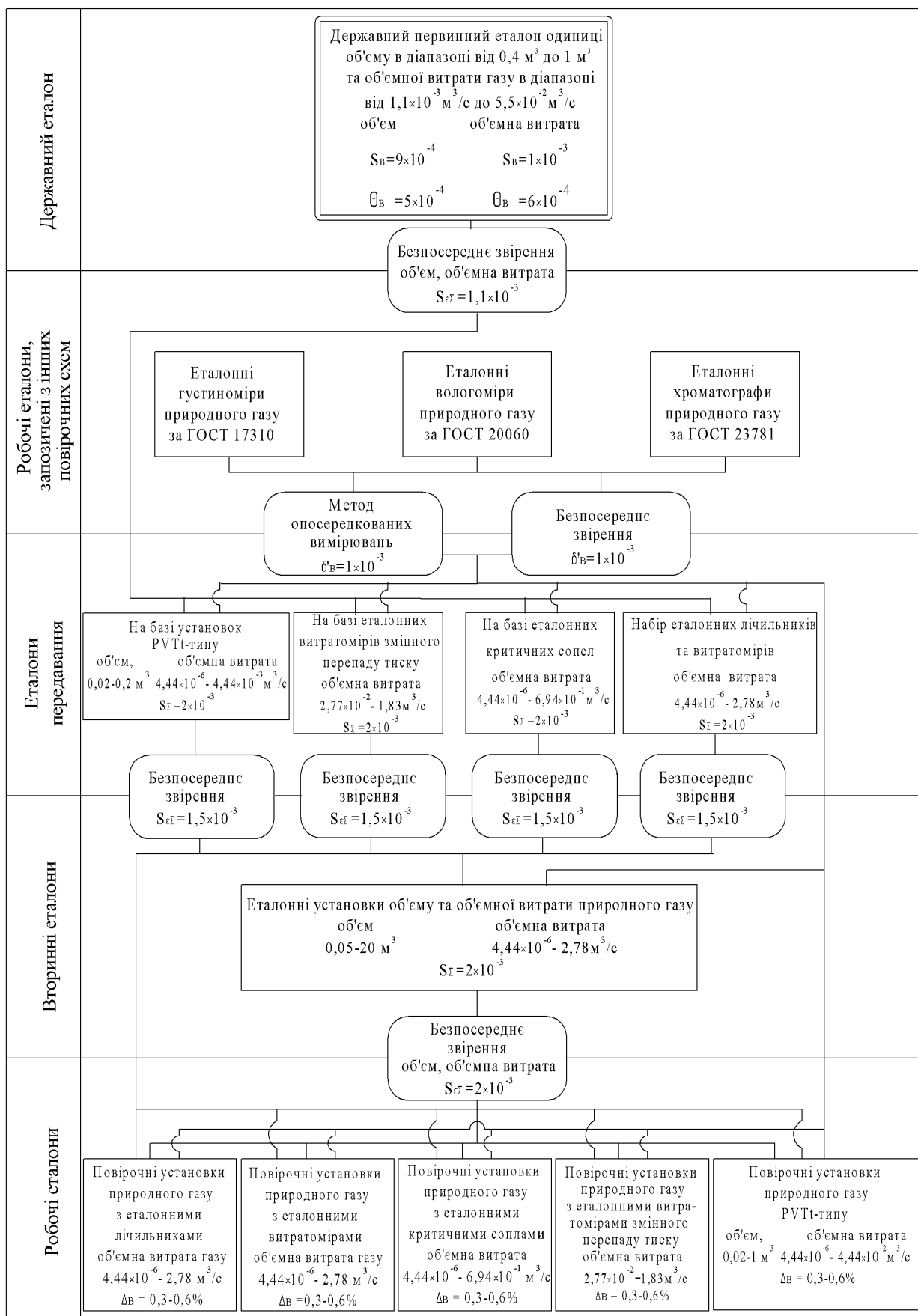


Рисунок 1 – Проект доповнення до державної повірочної схеми для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу

З врахуванням наведеного вище обґрунтування як еталони передавання у запропонованій концепції розвитку повірочної схеми може застосовуватися їх технічне виконання на базі установок РVTt-типу, еталонних критичних сопел, еталонних витратомірів змінного перепаду тиску і набору еталонних лічильників та витратомірів об'ємної витрати газу. Діапазони вимірювання об'єму та об'ємної витрати для кожного виду еталонів передавання наведені на рис. 1, а сумарне СКВ результатів звірення S_{Σ} кожного еталона передавання з державним еталоном не повинне перевищувати $2 \cdot 10^{-3}$.

За допомогою вказаних еталонів передавання здійснюється передавання одиниць до вторинних еталонів – еталонних установок об'єму та об'ємної витрати газу, зона яких є і в чинній повірочній схемі [3]. Однак назва цих еталонів доповнюється видом робочого середовища – природний газ.

Як вторинні еталони застосовують установи повірочні, типи яких відповідають типам еталонів передавання, а також можуть бути застосовані установи поршневого типу. Діапазоном вимірювання вторинними еталонами об'єму газу становить від $0,05$ до 20 м^3 та об'ємної витрати газу від $4,44 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ до $2,78 \text{ м}^3/\text{с}$.

Вторинні еталони застосовують для передавання безпосереднім звіренням розміру одиниць об'єму та об'ємної витрати газу до робочих еталонів (рис. 1): повірочних установок природного газу з еталонними лічильниками, повірочних установок природного газу з еталонними витратомірами, повірочних установок природного газу з еталонними критичними соплами, повірочних установок природного газу з еталонними витратомірами змінного перепаду тиску, повірочних установок природного газу РVTt-типу. Сумарне СКВ результатів звірення S_{Σ} робочих еталонів з вторинними еталонами не повинне перевищувати $2 \cdot 10^{-3}$.

Передача одиниць до робочих еталонів здійснюється методом безпосереднього звірення з еталонами передавання, вторинними еталонами або безпосереднім звіренням з державним еталоном з одночасним застосуванням робочих еталонів, запозичених з інших повірочних схем. Як робочі еталони використовують конкретизовані вище повірочні установки (рис. 1). Межі допустимих відносних похибок Δ_B робочих еталонів природного газу становлять $(0,3 - 0,6)\%$.

При цьому поле робочих еталонів згідно розробленої концепції порівняно з чинною схемою [3] доповнено повірочними установками з еталонними витратомірами змінного перепаду тиску. Однак з цього поля вилучені повірочні установки дзвонового типу, так як їх реалізація на цьому виді середовища є технологічно більш складнішою порівняно з іншими типами зазначених робочих еталонів.

Від робочих еталонів здійснюється передавання одиниць об'єму і об'ємної витрати природного газу до робочих засобів вимірювальної техніки, що відповідає повірочній схемі [3]. Діапазон вимірювання робочих еталонів конк-

ретизований на рис.1 і відповідає наведеним характеристикам. При цьому межі допустимих відносних похибок Δ_B робочих засобів вимірювальної техніки у відповідності до розробленої повірочної схеми передавання одиниць вимірювання будуть становити при вимірюванні об'єму газу $(0,9 - 3)\%$ і об'ємної витрати газу – $(0,9 - 4)\%$ за умов їх функціонування на реальному середовищі (природному газі).

Висновок. Розроблена концепція розвитку державної повірочної схеми для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу дозволяє вирішити проблему реалізації метрологічного забезпечення для засобів обліку природного газу з врахуванням реального середовища і чинної повірочної схеми. При цьому зникає потреба в розробленні ще однієї повірочної схеми для вимірювання об'єму і витрати природного газу, завдяки чому шляхом оптимізації чинної повірочної схеми здійснюється забезпечення єдності вимірювань з кінцевим результатом підвищення точності вимірювання об'єму і об'ємної витрати природного газу.

Література

- 1 ДСТУ 3383-96. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу. – Чинний з 01.01.97. – К.: Держстандарт України, 1996. – 4 с.
- 2 Петришин І.С. Методологічні аспекти вдосконалення державної повірочної схеми в галузі витратометрії газу // Український метрологічний журнал. – 2007. – №1. – С. 42-43.
- 3 ДСТУ 3383:2007. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу. – На заміну ДСТУ 3383-96; Чинний з 01.07.07. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 9 с.
- 4 Петришин І.С., Безгачнюк Я.В., Середюк Д.О. Впровадження еталонів передавання в повірочну практику засобів вимірювальної техніки об'єму та об'ємної витрати газу // Український метрологічний журнал. – 2006. – № 4. – С. 55-59.
- 5 Pursley W.C. The Calibration of Flowmeters // Meas.and Contr. – 1986. – Vol. 19. – №5. – P.37-45.
- 6 The International World Reference Value For High Pressure Natural Gas Flow / D.Dopheide, B.Mickan, R.Kramer and other // Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія – 2006): Наук. праці V міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 10-12 жовтня 2006 р.). – Харків: ННЦ «Інститут метрології». – 2006. – Том 1. – С.15-25.
- 7 Методика експериментальних досліджень впливу параметрів природного газу на метрологічні характеристики лічильників газу / А.Г. Бестелесний, Я.М. Власюк, О.Є. Середюк та ін. // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – №18. – С.46-50.
- 8 Бродин І.С., Середюк О.Е., Чеховский С.А. Поршневая расходо-измерительная установка высокого давления РПДУ-41пг // Проспект МВССО УССР. Ивано-Франковский институт нефти и газа. – Киев: Реклама, 1989. – 4 с.

9 Метрологическая аттестация поршневой расходоизмерительной установки природного газа / Б.Д.Колпак, О.П.Крук, О.Е.Середюк и др. // Измерительная техника. – 1995. – № 11. – С. 28-30.

10 Середюк О.Є. Принципи побудови еталонів передавання одиниці об'єму природного газу в контексті державної повірочної схеми / Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія–2006): V Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Харків, 10–12 жовтня 2006 р.) // Наукові праці конф. у 2 томах. Том 2. – Харків: ННЦ „Інститут метрології”. – 2006. – С. 219–222.

11 Середюк О.Є. Методологія побудови еталонів передавання одиниці об'єму природного газу // Український метрологічний журнал. – 2007. – №1. – С.38-41.

12 Пат. 25208, U (Україна), МПК (2006) G01F25/00. Еталон передавання одиниці об'єму, маси та витрати природного газу / О.Є.Середюк, І.С. Крук, В.П. Рудко та ін. – Заявл. 16.04.07; Опубл. 25.07.07, Бюл. №11. – 4 с.

13 Середюк О.Є. Вдосконалення витрато-вимірювальних повірочних установок на базі ємності високого тиску // Методи та прилади контролю якості. – 2004. – №12. – С. 51–56.

14 Пат. 54316, C2 (Україна), МПК (2006) G01F25/00. Установка для перевірки витратомірів і лічильників газу / І.С.Петришин, О.Є.Середюк – Заявл. 19.07.02; Опубл. 16.01.06, Бюл. №1. – 4 с.

15 Пістун Є.П., Лесовой Л.В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. – Львів: Вид-во ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», 2006. – 576 с.

16 Середюк О.Є. Метрологічна модель еталона передавання одиниці витрати природного газу на базі витратоміра змінного перепаду тиску // Український метрологічний журнал. – 2007. – №4. – С.44-49.

17 ГОСТ 8.061-80. Поверочные схемы. Содержание и построение. – Введ. с 01.01.81 // основополагающие стандарты в области метрологического обеспечения: Сб. стандартов. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – С. 131-146.

8-а Міжнародна науково-практична конференція з діючими семінарами

ЯКІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬ: теорія і практика

м. Ялта
(23–26 вересня 2008 р.)

Оргкомітет конференції

Асоціація технологів-машинобудівників
України (АТМ України),
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2

atmu@ism.kiev.ua

koreykina@voliacable.com

тел./факс (044) 430 85 00

Тематика конференції:

- Законодавче і нормативно-технічне забезпечення робіт з метрології, стандартизації, якості
- Загальне керівництво якістю (TQM)
- Міжнародні стандарти серії ISO 9000, 14000 системи керування якістю і навколишнім середовищем: теорія і практика
- Інформаційні технології в керуванні якістю і навколишнім середовищем
- Основні аспекти стандартизації та сертифікації в машинобудівній, приладобудівній, авіаційній, оборонній та інших галузях промисловості
- Стандартизація банківської, фінансової та страхової діяльності
- Класифікація, кодування, ідентифікація, кодифікація
- Метрологічне забезпечення і контроль
- Екологічно чисті технології та обладнання
- Проблеми підготовки і перепідготовки кадрів