

**СЕКЦІЯ 8
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ**

УДК 681.122

**ПОРШНЕВА ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНА УСТАНОВКА ОДИНИЦЬ
ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ НА РЕАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ
ПРИ ТИСКУ ДО 1,6 МПА**

Петришин І. С., Присяжнюк Т. І., Бас О. А.

ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», м. Івано-Франківськ, Україна,

E-mail: dcsms@if.ukrtel.net

Метрологічне забезпечення вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу в Україні базується на передачі одиниць від Державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу до робочих засобів вимірювальної техніки, яке регламентується державною повірочною схемою ДСТУ 3383, здійснюється лише на повітрі при атмосферному тиску. Разом з тим робляться важливі кроки щодо створення в Україні потужної випробувально-калібрувальної технічної бази, з метою забезпечення проведення контролю метрологічних характеристик лічильників газу на реальному середовищі.

Першочергове завдання вдосконалення еталонної бази – це створення принципово нової ієрархії передачі одиниці об'єму та об'ємної витрати природного газу при робочих умовах вимірювання, тобто на реальному газовому середовищі при відповідних тисках.

В ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» проводяться роботи зі створення поршневої установки одиниць об'єму та об'ємної витрати газу при тиску до 1,6 МПа з використанням природного газу, як робочого середовища з діапазоном відтворюваних витрат від 4 м³/год до 200 м³/год. Планується перспективне використання установки в статусі первинного еталону.

При розробленні та виготовленні установки запропоновано ряд технічних рішень, при застосуванні яких вона позбавлена більшості недоліків аналогічних установок. Зокрема; установка конструктивно складається з чотирьох одночасно працюючих ідентичних поршневих секцій, що дало можливість збільшити контрольний об'єм та зменшити випадкову складову невизначеності.

Що стосується відтворення еталоном одиниці об'ємної витрати газу при надлишковому тиску, то конструкція установки передбачає можливість роботи при тисках близьких до атмосферного, оскільки, з точки зору гідравліки, в циліндрі забезпечується внутрішня герметичність та відсутність перетоків на поршневому розділювачі шляхом створення надмірного тиску мастила, тобто значення тиску за поршнем повинно бути більшим від тиску перед ним. Таким чином, поршень рухається в циліндрі на спеціальних ущільненнях, які забезпечують герметизацію під дією надмірного тиску мастила.

Технічний аспект реалізації поршневою установкою процесу відтворення одиниці об’ємної витрати газу при тиску до 1,6 МПа являє собою складну динамічну систему, ключовим елементом якої є вузол електромеханічного приводу. Оптимальною конструкцією такого вузла приводу є застосування комплексу редукторів із зубчастими передачами: циліндричного редуктора із змінним передавальним відношенням та конічного редуктора, а для перетворення обертового руху привідних валів конічного редуктора в зворотно-поступальний рух поршнів є застосування ланцюгової передачі.

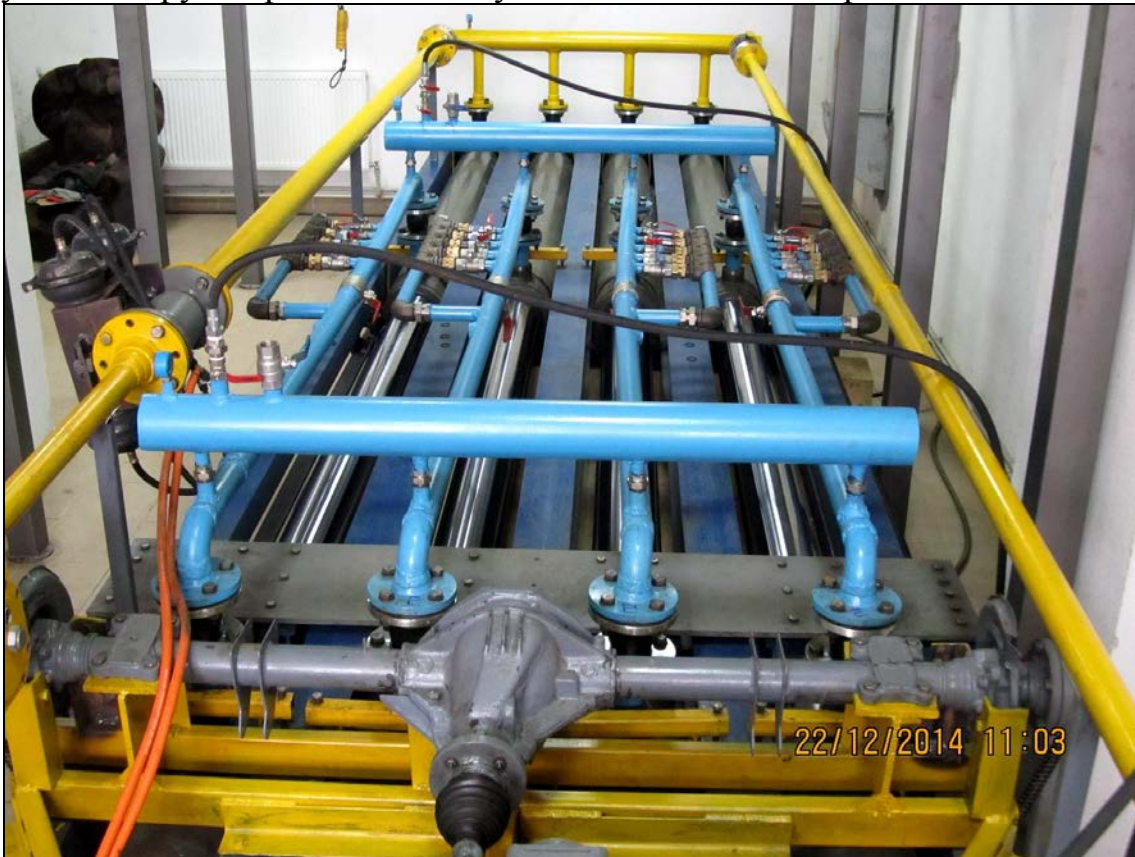


Рис. 1. Поршнева витратовимірювальна установка одиниць об’єму та об’ємної витрати газу на реальному середовищі при тиску до 1,6 МПа

На основі розробленої фізичної моделі сформовано математичну модель процесу відтворення та передавання одиниць об’єму та об’ємної витрати газу на реальному середовищі при тиску до 1,6 МПа, що дозволило визначити впливові фактори при оцінці апріорної невизначеності установки. На основі результатів експериментів проведено метрологічний аналіз процесу відтворення одиниці об’єму газу з урахуванням додаткових невизначеностей, пов’язаних з реальним газовим робочим середовищем при надлишковому тиску до 1,6 МПа, невизначеність відтворення склала $U_V = 0,025\%$. Невизначеність відтворення одиниці об’ємної витрати газу розрахована із застосуванням методу PUMA і становить $U_q = 0,038\%$. Також проведена попередня надмірна оцінка невизначеності, з якою розроблена поршнева установка забезпечує передавання одиниць об’єму та об’ємної витрати газу, відповідно,

$U_{VP} = 0,096\%$, $U_{qP} = 0,096\%$. Оцінена апріорна невизначеність підтвердила перспективу використання установки в статусі первинного еталону.

Ключові слова: поршнева установка, реальне середовище, високий тиск, первинний еталон.

УДК 658.26

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ РОЗГАЛУЖЕНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Сидор А. Р.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

E-mail: sydor_ar@polynet.lviv.ua

В умовах ринкової економіки особливого змісту набуває підвищення якості та економічної ефективності функціонування виробу, пристрою чи системи. Одним із основних показників якості є надійність, яка в свою чергу безпосередньо впливає на економічну ефективність. Спеціалістам відомо, що складність систем зростає швидше від розвитку математичних методів дослідження їх надійності. Існуючі традиційні методи розрахунку надійності виробів і простих систем не можуть задовольнити потреби дослідження надійності складних і великих систем, якими є, наприклад, розгалужені інформаційно-вимірювальні системи, що мають на вихідному рівні давачі, принтери, клавіатури, дисководи, що піддаються зношуванню.

Розглянемо систему, у якій елементу 0-го рівня безпосередньо підпорядковуються 2 елементи 1-го рівня, першому елементу 1-го рівня – $a_2^{(1)}$ елементів 2-го рівня, кожному з яких безпосередньо підпорядковуються $a_3^{(1)}$ елементів 3-го рівня, другому елементу 1-го рівня безпосередньо підпорядковуються $a_2^{(2)}$ елементів 2-го рівня, кожному з яких безпосередньо підпорядковуються $a_3^{(2)}$ елементів 3-го рівня, де $a_2^{(1)}$, $a_2^{(2)}$ – коефіцієнти розгалуження до другого рівня відповідно першої та другої гілки, $a_3^{(1)}$, $a_3^{(2)}$ – коефіцієнти розгалуження до третього рівня відповідно першої та другої гілки. Без обмеження загальності припустимо, що $a_2^{(1)} a_3^{(1)} \leq a_2^{(2)} a_3^{(2)}$.

Твірна функція для цієї системи запишеться у вигляді:

$$S_3(z) = p_0(p_1(p_2(p_3z + q_3)^{a_3^{(1)}} + q_2) + q_1) \times \\ \times (p_1(p_2(p_3z + q_3)^{a_3^{(2)}} + q_2)^{a_2^{(1)}} + q_1) + q_0, \quad (1)$$

де $p_0, q_0, p_1, q_1, p_2, q_2, p_3, q_3$ – відповідно ймовірності безвідмовної роботи та ймовірності відмов елементів 0-го, 1-го, 2-го та 3-го рівнів, z – довільний параметр.

На основі твірної функції (1) побудовано моделі ймовірнісних

характеристик надійності несиметричних інформаційно-вимірювальних систем, розгалужених до 3-го рівня, зі старіючими вихідними елементами.

Ключові слова: характеристики надійності, розгалужені системи, інформаційно-вимірювальні системи.

УДК 681.121

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА И ОБЪЕМНОГО РАСХОДА ГАЗА ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧАСТОТЫ ОПРОСА ДАТЧИКОВ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Кротевиц В. В.

ООО «ДП Укргазтех», г. Киев, Украина

E-mail: sensorua@gmail.com

Сокращение такта измерения параметров давления, температуры, разности давлений (объемов счетчиков в рабочих условиях) приводит к повышению точности измерения объемов газа, проходящего через трубопровод. Переход на такт в 1 с можно считать очередной границей, которой должны следовать современные вычислительные комплексы (корректоры). По сути, можно сказать, что мы подошли к границе повышения точности средств измерения газа. Какие пути повышения точности измерения газа можно еще предложить или на современном техническом уровне техники это предел?

В данной статье предлагается направление исследований, при котором, при всей вероятности, также повысится точность измерения объемов газа. Это направление-повышение достоверности измерений газа. Дорогостоящий путь применения поточных хроматографов и плотномеров из-за значительных затрат здесь не рассматривается.

Раскроем это предложение по существу. До внедрения вычислительных комплексов (корректоров) на ДСС записывались мгновенные значения параметров давления, температуры перепада давления. При этом каждый день брались пробы газа на плотность, N_2 , CO_2 . Далее осуществлялся расчет объемов газа с помощью планиметров, в которых данные по плотности, N_2 , CO_2 брали в соответствии с данными давления, температуры, разности давлений совпадающими по каждому дню.

Таким образом, обеспечивалась достоверность измерений, но ввиду отсутствия вычислителей (корректоров) достигалась низкая точность получения итоговых результатов измерений.

После внедрения вычислителей (корректоров) точность вычислений результатов повысилась, но, к сожалению, сами измерения оказались недостоверными, так как данные по плотности, N_2 , CO_2 в расчетах использовались с опозданием на день.

В данной статье предлагается метод обеспечения требований по точности и по обеспечению достоверности результатов.

Его суть в следующем. В вычислителе (корректоре) запоминаются значения мгновенных измеренных параметров, расчет объемов прошедшего газа, по которым проводится с опозданием на 1 сутки, после которых будут получены результаты измеренных значений плотности, N_2 , CO_2 .

Возможность реализации такого решения в перспективе предусмотрена в вычислителе ВР2 комплекса “ФЛОУТЕК-ТМ”, где имеется память для хранения каждого мгновенно измеренного значения в течении двух месяцев.

Ключевые слова: точность измерения, объем газа, такт 1 с, частота опроса датчиков.

УДК 006.91:681.122

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОСТЕЖУВАНOSTІ ВИМІРЮВАННЯ В СФЕРІ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

*Безгачнюк Я. В., Середюк Д. О., Гулик В. Я., Пелікан Ю. Т.
ДП „Івано-Франківськстандартметрологія”, м. Івано-Франківськ, Україна
E-mail: ndl@ifdcsms.com.ua*

Достовірність результатів вимірювання об'єму природного газу на даний час є питанням актуальним, оскільки стосується енергетичної безпеки країни в цілому та кожного пересічного громадянина зокрема.

Основою для забезпечення простежуваності вимірювань та гарантування достовірності результатів вимірювань робочими засобами вимірювальної техніки (лічильниками та витратомірами газу) є створення відповідного ланцюга простежуваності вимірювань до Державного первинного еталона одиниці об'єму та об'ємної витрати газу (далі - ДЕТУ 03-01-96). Державний первинний еталон має обмежений діапазон відтворення об'ємної витрати. Для забезпечення простежуваності вимірювань в широкому діапазоні об'ємних витрат створено ряд вторинних еталонів, які виходять за межі вимірювання ДЕТУ 03-01-96.

Гарантією достовірності результатів вимірювань, що виконуються за допомогою вторинних та робочих еталонів і робочих засобів вимірювань є жорстке дотримання ланцюга простежуваності (рис. 1), а саме проведення звірень вторинних і робочих еталонів з ДЕТУ 03-01-96 з відповідною статистичною обробкою результатів.

Для передачі одиниці в діапазоні витрат вище верхньої межі роботи ДЕТУ 03-01-96 використано метод паралельного застосування еталонів передавання, які попередньо відкалібровані на первинному еталоні. Цей метод покладено в основу розроблених двох вторинних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу ВЕТУ 03-01-03-11 та ВЕТУ 03-01-04-12. Достовірність отриманих результатів із застосуванням вторинних еталонів досягається шляхом постійного контролю їх метрологічних характеристик та проведенням щоквартальних звірень з ДЕТУ 03-01-96.

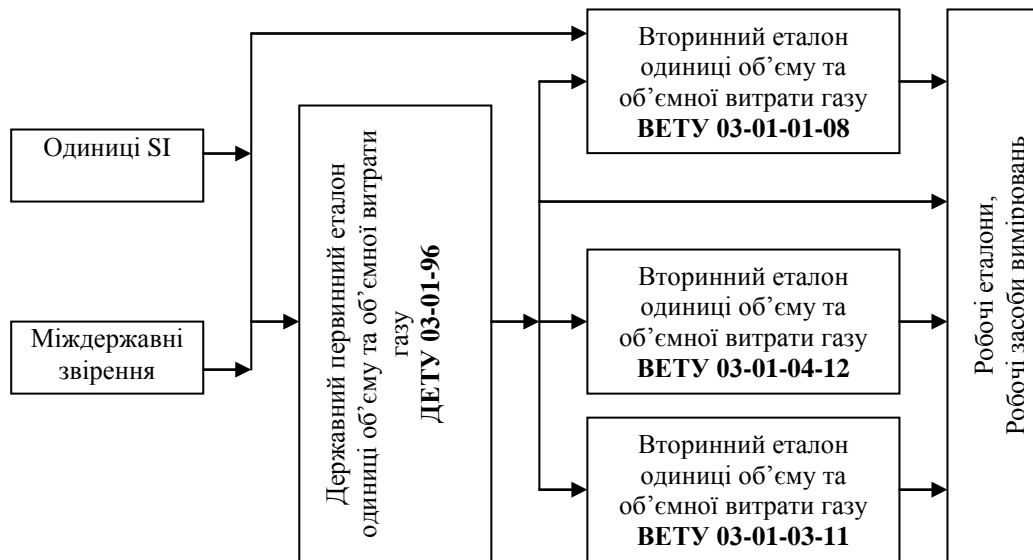


Рис. 1. Ланцюг простежуваності

Ключові слова: звірення, простежуваність вимірювань, ланцюг простежуваності, калібрування, еталони передавання.

УДК 620.93

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

*Петришин І. С., Присяжнюк Т. І., Петришин Н. І., Данів В. М., Бас О. А.
ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», м. Івано-Франківськ, Україна
E-mail: dcsms@if.ukrtel.net*

Перехід комерційних операцій при обліку природного газу від вимірювання об'ємної та масової витрати газу до вимірювання його енергетичної цінності, вимагає побудову таких систем обліку газу, в яких вихідний сигнал повинен виражатись в одиницях енергії, тобто добутку кількості газу на відповідну для нього теплоту згорання. Для вимірювання теплоти згорання природного газу певного об'єму або маси в робочих умовах, як правило, використовуються методи газової хроматографії або калориметрії. Вибрані технічні засоби вимірювання та метод вимірювання повинен забезпечувати необхідну точність цього інформативного параметру. В нормативному документі [1] задекларовано, що в загальному випадку, сумарна похибка вимірювальної системи для визначення теплоти згорання не повинна перевищувати 1 %.

Як правило, вимірювальна система для визначення теплоти згорання повинна складатись із:

- системи відбору та підготовки проби газу;
- технічних засобів для вимірювання (в залежності від методу) та обчислення результату;

- засобів повірки (калібрування), в т.ч. еталонів;
- системи збору, реєстрації та зберігання даних.

В залежності від зміни хімічного складу і властивостей газу, відбір проби може здійснюватись в одній точці потоку або з накопиченням декількох проб в одну пробу, якщо склад та властивості газу часто змінюються. Також газ повинен бути підготовлений, щоб виключити із нього тверді і рідкі компоненти та конденсат. Головна умова – забезпечити представництво відібраної проби природного газу в залежності від коливань його складу, що має значення для точного результату вимірювання. Для отримання вірогідних результатів теплоти згорання в комерційних договорах встановлюються вимоги щодо усереднювання її значення за певний період часу (доба, тиждень, місяць тощо). Визначення частоти відбору проб регламентовано в [2]. Границею похибки є різниця усереднених значень на протязі певного періоду і вимірним значенням. Як правило, в договорах вона може складати до 0,4 %.

Теплоту згорання, як правило, можна визначити за допомогою газового хроматографа при опосередкованому методі вимірювання або газового калориметра при прямому методі вимірювання. Іншим опосередкованим методом вимірювання теплоти згорання, який останнім часом почав активно застосовуватись є метод, при якому вимірюється одна або декілька фізичних чи хімічних властивостей газу, на основі яких в сукупності визначається його теплота згорання (наприклад швидкість звуку в газі і його густина). В залежності від зміни хімічного складу і властивостей газу можуть використовуватись вимірювальні прилади потокового і не потокового (або лабораторного) типу. Потокові вимірювальні прилади вимагають прецизійного контролю навколишніх умов для досягнення найвищої точності вимірювань. В загальному випадку, згідно [1], для забезпечення вимог точності технічних засобів включаючи обчислювальний компонент не повинні перевищувати похибки, які рівні 0,1 – 0,5% [3].

Основною ланкою метрологічного забезпечення вимірювальної системи для визначення теплоти згорання є засоби повірки (калібрування), а саме балони з газовими сумішами з стандартних зразків газів, таких як метан високої чистоти або інші гази з простежуванним і сертифікованим значенням теплоти згорання. Вказані газові суміші повинні мати стабільний хімічний склад на протязі їх використання та відповідну чистоту окремих складових газів, які входять в суміш. Зокрема, стандартні зразки двохкомпонентних газових сумішей, складовими яких є метан (CH_4) та азот (N_2) із різним співвідношення цих складових [4] забезпечують формування набору еталонних сумішей, що відтворюють одиницю найменшої та найбільшої теплоти згорання в широкому діапазоні шкали газового калориметра з довірчою границею відносної похибки 0,1 %.

Системи збору, реєстрації та зберігання даних як правило, не мають метрологічних характеристик і повинні відповідати вимогам, які ставляться до коректорів для обліку кількості спожитого газу і зазначені в [5].

З врахуванням вищезгаданих складових сумарна похибка вимірювальної

системи для визначення теплоти згорання природного газу складе величину, яка не перевищує значення, зазначеного в [1].

Література:

1. EN 1776:1998 Gas supply systems – Natural gas measuring stations – Functional requirements. Brussels, 1998 – 48p.
2. Природний газ. Настанови щодо відбирання проб (ISO 10715:1997, IDT): ДСТУ ISO 10715:2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 36 с.
3. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости: ГОСТ 30319.2-96. – [Введен с 1997-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 54 с.
4. EN 437:2003 + A1 Test gases. Test pressures. Appliance categories (IDT) Brussels, 2003 – 39p.
5. Коректори до лічильників газу електронні. Загальні технічні умови (EN 12405:2002, IDT): ДСТУ EN 12405:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 44с.

Ключові слова: теплота згорання, похибка, хроматограф, калориметр, природний газ.

УДК 620.93

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

*Цих В. С., Дарвай І. Я., Ващишак І. Р., Ващишак С. П., Яворський А. В.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна
E-mail: ivs.vitalik@gmail.com*

Природний газ дотепер залишається основним джерелом енергії для підприємств металургійної промисловості та теплоенергетичних підприємств. Також від енергетичних характеристик природного газу, де він є сировиною і джерелом енергії, залежить якість значної кількості продукції хімічної промисловості.

Основною енергетичною характеристикою природного газу є теплота згорання – кількість теплоти, виділена під час повного згорання одиниці об'єму сухого газу, вимірюваного за стандартних умов. Для визначення теплоти згорання природного газу застосовують прямі і непрямі методи. До прямих відносять калориметричні методи, до непрямих – кореляційні методи, в основу яких покладена кореляційна залежність між фізичними властивостями природного газу та його теплою згорання, і розрахункові методи, засновані на визначенні теплоти згорання із компонентного складу газової суміші.

Для вимірювання теплоти згорання природного газу без небажаного його спалювання та зменшення часу на проведення вимірювань виникає необхідність в удосконаленні розрахункових методів. Зменшення часу на проведення вимірювань дасть змогу здійснювати експрес-контроль безпосередньо в польових умовах.

На основі проведених теоретичних і практичних досліджень запропоновано удосконалення розрахункового методу визначення питомої теплоти згорання природного газу шляхом вимірювання акустичних параметрів газу, вмісту

окремих компонентів газу (діоксиду вуглецю та азоту), які суттєво впливають на його теплотворну здатність, і розрахунок теплоти згоряння із застосуванням алгоритмів штучних нейронних мереж [1]. На основі удосконаленого розрахункового методу розроблено конструкцію приладу, що забезпечуватиме визначення нижчої теплоти згоряння природного газу і швидкості поширення звуку в газі. Прилад буде виконаний у мобільному варіанті. Застосування приладу дозволить з високою точністю здійснювати експрес-контроль якості природного газу безпосередньо в польових умовах на діючих газопроводах та інших об'єктах, де використовують природний газ.

Література:

1. Karpash O. New approach to natural gas quality determination / O. Karpash, I. Darvay, M. Karpash // Journal of Petroleum Science and Engineering. – Vol. 71. – Issues 3-4. – April 2010. – Pages 133-137.

Ключові слова: природний газ, експрес-контроль, метод, теплота згоряння, нейронна мережа.

УДК 681.121.7

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ МІРНОГО ЕЛЕМЕНТА НА ПОРІГ ЧУТЛИВОСТІ МІТКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВИТРАТИ ГАЗУ

Мануляк І. З., Мельничук С. І.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

E-mail: manulyak-iryna@ukr.net, stenni@ukr.net

Системи обліку газових середовищ традиційно ґрунтуються на використанні лічильників з мірним елементом механічного типу. Верхня межа вимірювання таких засобів визначатися максимальною витратою, а нижня – порогом чутливості. Для описаного в [1] методу проведено аналітичне дослідження залежності мінімальної величини витрати, за якої первинний перетворювач фіксує наявність переміщення контрольованого середовища, від параметрів сферичної мітки. Запропоновано математичну модель на основі представлення сферичної мітки, як пустотілого об'єкту, рис.1, а. Маса мітки: $m = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (r_0^3 - r^3) \cdot \rho_m$, де ρ_m – густина матеріалу стінок $0_m < r < 0,00195m$.

Отримано аналітичний опис $Q_{\min} = \pi r_0^2 \cdot 1,5 \sqrt{\frac{5 \cdot \mu_{\text{словою}} \cdot (r_0^3 - r^3) \cdot \rho_m \cdot d^{0,5} \cdot g}{\mu^{0,5} \cdot \rho^{0,5} \cdot r_0^2}}$, товщина стінки визначається як $r_0 - r$, за яким проведено моделювання в чисельному експерименті [2], результати якого подано на рис.1, б, в.

Встановлено, що характер зміни швидкості і витрати є однаковими, починаючи з товщини стінок 0,001 м величина витрати (швидкості) практично не змінюється, таким чином товщина стінок мірного елемента первинного перетворювача, при фіксованому радіусі, не повинна перевищувати 1 мм.

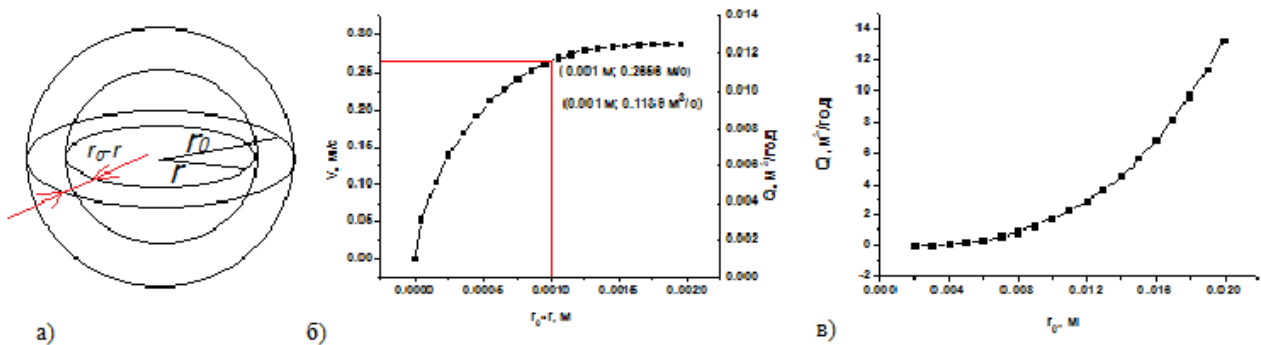


Рис. 1. Особливості перетворювача витрати: а) мірний елемент; б) залежність мінімальної швидкості потоку повітря (ліва вертикальна вісь) та витрати (права вертикальна вісь), за якої можливе переміщення мірного елемента, від товщини стінок сферичної мітки; в) залежність мінімальної витрати від радіуса сферичної мітки

Література:

1. Патент на винахід №97780 «Спосіб вимірювання витрати за переміщенням сферичної мітки вимірюваним середовищем». Мельничук С. І., Мазурик І. З., Яковин С. В.
2. Иванов О. П. Аэродинамика и вентиляторы / О. П. Иванов, В. О. Мамченко. – М.: Машиностроение, 1986. – 421 с.

Ключові слова: витрата газу, мірний елемент, первинний перетворювач.

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГАЗОВОЇ МЕРЕЖІ НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТОРЦЕВИМИ ЗВУЖУВАЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ

Лютенко Т. В., Середюк О. Є., Винничук А. Г.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна*

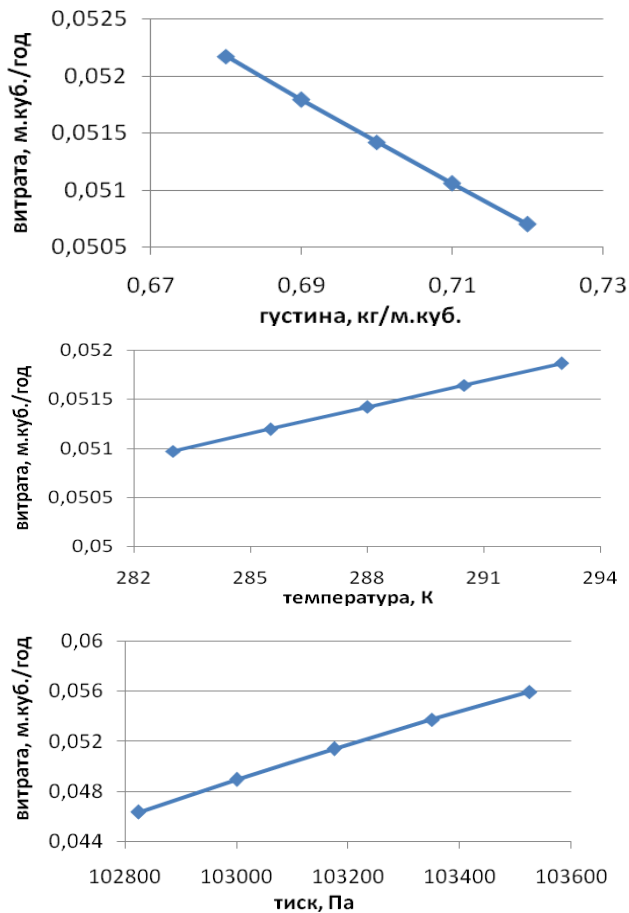
E-mail: feivt@nung.edu.ua, annavyn@ukr.net

При обліку природного газу актуальними є проблеми дослідження метрологічних характеристик побутових лічильників газу (ПЛГ) в умовах експлуатації. З цією метою за участю авторів розроблена перевірна установка для ПЛГ з використанням газової мережі як джерела витрати, первинними перетворювачами витрати, в якій використані торцеві звужувальні пристрої (ТЗП).

Метою роботи є дослідження впливу параметрів газової мережі на точність вимірювання витрати ТЗП.

Методологія розрахунку об'ємної витрати Q газу, що проходить через ТЗП установки, змонтованої послідовно з ПЛГ описується наступним алгоритмом:

$$Q = N_K \cdot k_\varepsilon \cdot \frac{T_L \cdot K_L}{P_L} \cdot \sqrt{2 \Delta p_{зпн} \frac{P_c}{\rho_c \cdot T_c} \cdot \frac{P_{зпн}}{T_{зпн} \cdot K_{зпн}}},$$



де $p_L, T_L, K_L, p_{ЗП}, T_{ЗП}, K_{ЗП}$ – тиск, температура та коефіцієнт стисливості газу на ПЛГ та перед ТЗП відповідно; p_C, T_C, ρ_C – тиск, температура та густина газу за стандартних умов; $\Delta p_{ЗП}$ – перепад тиску на ТЗП; k_ε – поправковий коефіцієнт на зміну робочого середовища (газ чи повітря); N_K – комплексний коефіцієнт витрати ТЗП.

Для моделювання (рис. 1) використані діапазон зміни параметрів природного газу (за даними ПАТ «Івано-Франківськгаз», впродовж 2012 р.): густина газу $0,68 \div 0,72 \text{ кг/м}^3$, абсолютний тиск $0,102825 \div 0,103325 \text{ МПа}$, абсолютна температура $283 \div 293 \text{ К}$.

Розраховані значення можливих похибок вимірювання витрати від зміни параметрів газу становлять 2,8%, 1,7% та 18% для густини, температури і тиску відповідно, з

Рис 1. Результати моделювання зміни витрати газу в залежності від зміни параметрів газового потоку

чого слідує висновок про необхідність обов’язкового врахування параметрів газової мережі при діагностуванні ПЛГ на природному газі.

Ключові слова: торцевий звужувальний пристрій, витрата, ПЛГ.

УДК 681.121.84

РОЗРАХУНОК СКЛАДОВОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ КОЕФІЦІЄНТА ВИТКАННЯ, ЩО ВИНΙΚАЄ ЗА РАХУНОК СКОРОЧЕННЯ ПРЯМОЛІНІЙНИХ ДІЛЯНОК ТРУБОПРОВОДУ

Кузик В. А.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

E-mail: techinfoflow@yahoo.co.uk

Метод змінного перепаду тиску набув широкого застосування при вимірюванні витрати природного газу. Точність вимірювання витрати цим методом залежить від довжини прямолінійних ділянок між місцевими опорами (МО), між звужувальним пристроєм (ЗП) і МО, розташованим перед ЗП і після нього, а також оснащення вимірювального трубопроводу (ВТ). Це зумовлено

тим, що значення коефіцієнта витікання ЗП залежить від епюри швидкості руху природного газу у ВТ. Для вирівнювання розподілу швидкостей по перерізу ВТ, застосовують трубопроводи з нормованими характеристиками, які характеризуються певною довжиною прямолінійних ділянок ВТ. При скороченні довжин цих ділянок спотворюється епюра швидкості потоку природного газу, що зменшує точність вимірювання його витрати, і виникає додаткова складова невизначеності коефіцієнта витікання. Оскільки газовимірювальні станції мають розгалужену систему прямолінійних ділянок і оснащення ВТ, яка включає і колекторні системи, тому моделювання прямолінійних ділянок ВТ і отримання рівняння для розрахунку додаткової складової невизначеності коефіцієнта витікання ЗП має актуальне значення.

Для отримання рівняння розрахунку додаткової складової невизначеності коефіцієнта витікання, що виникає за рахунок скорочення прямолінійних ділянок ВТ, автором було створено пакет прямолінійної ділянки з колекторною системою із різними типами МО і здійснено CFD-моделювання цієї ділянки. Отримано розподіл швидкості природного газу після МО вздовж ВТ для різних значень відносного діаметру отвору діафрагми і відносної довжини прямолінійної ділянки, на базі якого були визначені значення відносної похибки, яка відповідає додатковій складовій невизначеності коефіцієнта витікання. За значеннями додаткової складової невизначеності коефіцієнта витікання ЗП автором отримані аналітичні залежності для розрахунку цієї невизначеності, що виникає за рахунок скорочення прямолінійних ділянок ВТ, як функції відносного діаметра ЗП і відносної довжини прямолінійної ділянки ВТ. Отримані рівняння усувають стрибкоподібну зміну цієї невизначеності, яка є наведена у діючому Національному стандарті України ДСТУ ГОСТ 8.586.2:2009.

Ключові слова: природний газ, невизначеність, коефіцієнт витікання, місцевий опір, прямолінійні ділянки вимірювального трубопроводу.

УДК 681.121

СУЧАСНА ПРОБЛЕМАТИКА УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ВИТРАТОМЕТРІЇ

Гришанова І. А.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: irgryshanova@gmail.com

Сьогодні ультразвукові витратоміри використовують для контролю спожитих ресурсів як в побутових умовах, так і в промисловості, причому вимірювання проводять на різних середовищах: рідина, газ, пара.

Насправді, ультразвук є дуже популярним у витратометрії, оскільки дозволяє проводити високоточні виміри, отримувати широкий стабільний діапазон вимірювання (до 200:1). Завдяки йому прилади мають низьке

енергоспоживання, прості в обслуговуванні, здатні виконувати певні діагностичні операції.

Сучасна проблематика ультразвукової витратометрії включає в себе такі питання:

- покращення точності накладних ультразвукових витратомірів;
- вимірювання витрат рідин і газів в трубах великих діаметрів;
- зменшення довжини прямих ділянок перед витратомірами за рахунок використання струмовипрямлячів оптимальної форми;
- розвиток і вдосконалення вбудованих систем діагностики;
- зменшення впливу місцевих опорів на покази ультразвукових витратомірів;
- розширення галузей використання ультразвукових витратомірів.

Кожне з перерахованих питань потребує потужної роботи над ним. Якщо раніше для їхнього розв'язання використовувалися переважно натурні експерименти, то зараз досить часто залучують чисельні експерименти на базі технологій *Computational Fluid Dynamics*. Це дає змогу створити абсолютно різні викривлені профілі потоку і, таким чином, проаналізувати поведінку ультразвукових витратомірів в самих жорстких умовах експлуатації, які суттєво відрізняються від лабораторних. Крім цього арсенал засобів обчислювальної гідродинаміки дає можливість врахувати долі похибок від асиметрії профілю потоку, наявності вихорів, можливості перехресних течій і тим самим не тільки покращити метрологічні характеристики приладу на стадії проектування, а і зробити адекватну систему діагностики з підказкою щодо вибору оптимальної кількості і схеми розташування ультразвукових хорд. І це далеко не все.

Ультразвукова витратометрія має потенціал до постійного удосконалення. Сьогодні ультразвуковий витратомір – це не просто прилад. На його базі створюються досить потужні системи, зокрема системи диспетчеризації, енергозбереження, які дозволяють ретельно аналізувати великий обсяг інформації і здійснювати ефективне керування різноманітними процесами у відповідних галузях народного господарства.

Ключові слова: ультразвуковий витратомір, витратометрія, ультразвукові хорди, CFD.

УДК 681.121

ЩОДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ, ЯКІ МОЖУТЬ БУТИ ВИКОРИСТАНІ ЗА УМОВИ, ЯКЩО ВІДОМІ ВІДПОВІДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОХИБОК

Власюк Я. М.

Національна акціонерна компанія “Нафтогаз України”, м. Київ, Україна

E-mail: YVlasyuk@naftogaz.com

Масове впровадження в Україні побутових лічильників газу розпочалось у 1994 році після прийняття постанови Кабінету Міністрів України від 17.06.94

№421 “Про Програму виробництва засобів обліку витрачання паливно-енергетичних ресурсів і приладів регулювання систем електро-, водо-, тепло- та газопостачання на промислових підприємствах і в побуті”.

В Україні всі побутові лічильники газу виготовлялися згідно з вимогами ДСТУ 3336–96 “Лічильники газу побутові. Загальні технічні вимоги” і занесені до Державного реєстру. Цей стандарт допускає випуск побутових лічильників із співвідношенням витрат $Q_{\min} / Q_{\max} = 1/30, 1/50$ та $1/100$, що не відповідає вимогам Технічного регламенту щодо суттєвих вимог до засобів вимірювальної техніки (затвердженого постановою КМУ від 08.04.09, розробленого відповідно до Директиви 2004/22/ЄС Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу на вимірювальні прилади), який передбачає встановлення в житлово-комунальній сфері лічильників природного газу із співвідношенням витрат не менше $1/150$.

Протягом 1996-2009 років на теренах України щорічно встановлювалося в середньому 500 тисяч побутових лічильників. Середній термін служби побутових лічильників природного газу – 20 років. Відповідно, слід очікувати ближчим часом масової заміни цих побутових лічильників новими. Крім того, згідно з Законом України “Про забезпечення комерційного обліку природного газу” проводиться встановлення побутових лічильників у населення, у якого на даний час відсутній приладовий облік газоспоживання.

Вибір приладів обліку споживання газу здійснюється згідно з вимогами пункту 6.111 ДБН В.2.5-20-2001 “Газопостачання”, а саме: способи виміру та реалізуючі їх засоби виміру слід вибирати в залежності від умов експлуатації із числа дозволених Держстандартом України (на сьогодні – це Мінекономрозвитку), включених в Держреєстр України або таких, що пройшли державну метрологічну атестацію.

Тобто, застосування тих чи інших лічильників газу можливе, якщо умови їх експлуатації відповідають і не суперечать зазначеній вище вимозі.

Згідно з вимогами Закону України “Про метрологію та метрологічну діяльність” результати вимірювань можуть бути використані за умови, якщо відомі відповідні характеристики похибок або невизначеності вимірювань.

У такому разі, при виборі лічильників газу необхідно враховувати те, що чисельне значення мінімальної вимірюваної витрати лічильником газу з нормованою похибкою повинно бути менше або дорівнювати чисельному значенню мінімальної витрати газовикористовуючого обладнання. При цьому максимальне значення вимірюваної витрати лічильником газу має бути більше суми витрат газовикористовуючого обладнання.

Реально у побутових користувачів при наявності побутової газової плити та газового водонагрівача або газового котла співвідношенням вимірюваних витрат Q_{\min} / Q_{\max} лічильником газу складає щонайменше $1/250$.

Останнім часом ряд вітчизняних виробників розпочали випуск таких побутових лічильників природного газу.

Враховуючи викладене, вважаємо за доцільне для обліку природного газу, що використовується населенням, встановлювати зазначені лічильники (із співвідношенням Q_{\min} / Q_{\max} щонайменше 1/250).

Ключові слова: природний газ, облік, діапазон вимірювання, невизначеність вимірювання.

УДК 622.692.4+622.691.24

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ПОАГРЕГАТНОГО ОБЛІКУ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ТА ОБСЯГІВ ВТРАТ ГАЗУ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Крук І. С., Соляник В. Г.

*ПАТ “УКРТРАНСГАЗ” філія “ВИРОБНИЧЕ РЕМОНТНО-ТЕХНІЧНЕ ПІДПРИЄМСТВО “УКРГАЗЕНЕРГОСЕРВІС”, м. Київ, Україна
E-mail: kruk-is@utg.ua, solyanik-vg@utg.ua*

Розроблені алгоритми та програмне забезпечення (ПЗ ВОГ) поагрегатного вимірювання обсягів витрат паливного природного газу, як важливого паливно-енергетичного ресурсу для існуючих і сучасних систем автоматичного керування газоперекачувальними агрегатами (САК ГПА).

Впровадження ПЗ ВОГ дасть можливість із високою точністю розраховувати як обсяги витрат паливного газу, так і діагностувати роботу ГПА в плані визначення його реальних характеристик, зокрема: коефіцієнта корисної дії, точку ймовірного помпажу, навантаження апарату, що в кінцевому варіанті дасть змогу вибирати оптимальний режим транспортування природного газу газотранспортною системою та досягнути максимальної ефективності раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів при існуючому рівні САК ГПА.

В існуючі інформаційно-вимірювальні системи впроваджуються новітні методи вимірювання обсягів витрат і втрат природного газу, реалізовані відомі та використані високоточні засоби вимірювання, сучасна запірна арматура (виконавчі механізми з регулюючим і ручним приводом), системні та програмні рішення в системах автоматичного контролю, вимірювання, регулювання, захисту, сигналізації, блокування, які можна використовувати в структурі загальної автоматизованої системи керування технологічними процесами з метою визначення обсягів витрат витоків природного газу.

Важливими характеристиками для оцінки якості паливного газу є саме параметри, що визначають його калорійність (теплота згоряння чи число Воббе) і стан паливного газу за виміряним і нормованим значенням температури точки роси за вологою.

Особливо необхідно відмітити елементи модернізації у загальній структурі інформаційно-вимірювальної системи (ІВС). Немаловажну специфіку й особливості модернізації та реконструкції складають самі діючі газотранспо-

рtnі мережі у плані телемеханізації, вимірювання та автоматизації.

Комплексний підхід у використанні ПЗ ВОГ САКГПА та сучасних ІВС разом із високоточними вимірювальними комплексами з використанням чинних нормативних документів забезпечать мінімізацію прямих обсягів втрат паливного газу та раціональне його використання.

Ключові слова: програмне забезпечення, обсяги витрат і втрат, САК ГПА, паливний газ, інформаційно-вимірювальна система, мінімізацію прямих обсягів втрат.

УДК 622.323

ЗАОЩАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДОВГОХОДОВОГО ПРИВОДУ СВЕРДЛОВИННОГО ШТАНГОВОГО НАСОСУ ТА ІНФОРМАЦІЇ ПРО СКЛАД ПОТОКУ В ПРОЦЕСІ КЕРУВАННЯ ВИДОБУТКОМ ВУГЛЕВОДНІВ

Цих В. С., Харун В. Р., Райтер П. М

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

м. Івано-Франківськ, Україна

E-mail: ivs.vitalik@gmail.com

За умов застосування механізованого способу видобутку нафти найбільш використовуваними на даний час є штангові свердловинні насосні установки (ШСНУ), що зумовлене простотою конструкції і обслуговування поверхневого приводу верстата-качалки і супутнього устаткування. Поступове виснаження родовищ вуглеводнів змушує сферу застосування ШСНУ – свердловини переводяться на періодичну експлуатацію, погіршується режим їх роботи через недобір нафти, знижується ефективність видобутку в умовах високого вмісту піску і обводнення нафти. Також одним з головних недоліків ШСНУ є циклічний характер її роботи з малим періодом циклу і великою асиметричністю навантажень. Враховуючи масове застосування типових серійних верстатів-качалок, постає проблема їх подальшого раціонального застосування. Вирішенням проблеми експлуатації малодебітних свердловин може бути переведення їх на експлуатацію довгоходовими насосними установками з гнучким тяговим елементом. Однак проста заміна наявних в Україні балансирних верстатів-качалок на закордонні довгоходові свердловинні насосні установки технічно і економічно недоцільна.

На основі виконаних авторами теоретичних і практичних досліджень запропоновано вдосконалення існуючих приводів ШНСУ шляхом: 1) збільшення їх довжини ходу за рахунок реконструкції в довгоходові; 2) застосування регульованого електроприводу; 3) врахування в алгоритмі керування приводом онлайнової інформації про склад потоку зі свердловини, що разом є компромісним вирішенням проблеми. Вказане дозволить задіяти великий парк верстатів-качалок, як довгоходових, з одночасним збільшенням

терміну служби свердловинних насосів, отриманням більш плавного ходу полірованого штока, зниженням енерговитрат на одиницю продукції, що видобувається і зниженням простою свердловин в ремонті.

Результати розрахунків витрат електроенергії виконані авторами для електроприводу вказаної модифікованої ШСНУ свідчать про можливість використання суттєво менш потужного двигуна і заощадження електроенергії при різних складах потоків зі свердловини. На даний час розробляється експериментальна установка для перевірки результатів розрахунків на основі даних фізичного моделювання роботи модифікованої ШСНУ.

Ключові слова: довгоходовий привід, штангова свердловинна насосна установка, склад потоку свердловини, енергозбереження.

УДК 621.643

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ У ГАЗОПРОВОДАХ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Матіко Ф. Д., Лесовой Л. В., Пістун С. П.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

E-mail: fmatiko@gmail.com

Природний газ є одним із найбільш поширених енергоносіїв, який широко застосовують у промисловості та побуті. Транспортують природний газ до споживачів за допомогою розгалужених газотранспортних та газорозподільних систем, до яких входять тисячі кілометрів газопроводів та велика кількість технологічного обладнання. Такі газопровідні мережі можуть приймати чи віддавати значну кількість газу, змінюючи при цьому параметри стану окремих ділянок чи мережі в цілому, тобто змінюючи кількість (запас) газу в мережі.

В Україні у практиці вимірювань кількості природного газу застосовують одиниці об'єму. Визначення об'єму газу у газопровідній мережі на початок та кінець періоду зведення балансу виконують розрахунковим шляхом на основі математичних моделей руху газу у газопроводах. Спрощені залежності, застосовані у діючій методиці для розрахунку об'єму газу у магістральних газопроводах, не враховують конфігурацію газопроводу (нахил ділянок, наявність відборів), що призводить до виникнення додаткових методичних похибок визначення об'єму газу.

Авторами розроблені удосконалені математичні моделі стаціонарного режиму руху газу у газопроводах у формі систем диференціальних рівнянь, які дозволяють визначити розподіл тиску, температури та фактора стисливості природного газу по довжині газопроводу складної конфігурації із врахуванням нахилу ділянок газопроводу та наявності відборів газу на кожній ділянці. Розроблені основні засади методики визначення розподілу тиску та температури газу у магістральному газопроводі із відборами газу для випадку, коли відомою є витрата відборів газу. Запропоноване рівняння для визначення

об'єму газу у ділянці газопроводу на основі отриманих у результаті розв'язування систем диференціальних рівнянь розподілів тиску та температури газу по довжині магістрального газопроводу та газопроводів-відводів. Виконане порівняння значення об'єму газу, обчисленого на основі розподілів параметрів газу вздовж магістрального газопроводу та газопроводів-відводів для одного із діючих магістральних газопроводів, із значенням об'єму (запасу), отриманим за спрощеною методикою на основі усереднених значень параметрів газу. Показано, що застосування удосконаленої методики визначення об'єму газу на основі розподілу параметрів газу по довжині газопроводів дозволяє усунути методичну складову похибки визначення об'єму, яка може перевищувати 3%.

Ключові слова: природний газ, запас газу, газопровідна мережа, методики визначення об'єму газу.

УДК 621.311

АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ СИСТЕМ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

¹Калінчик В. П., ¹Кульбачний П. В., ²Прокопенко В. В., ²Несен Л. І.

¹Науково-дослідний інститут «Енергія», Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

²Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

E-mail: orionk@ukr.net

В системах обліку електроенергії вимірювальний канал (ВК) включає в себе: вимірювальну схему (ВС), що складається з вимірювальних трансформаторів струму (ТС) і напруги (ТН), лічильника електроенергії (ЛЕ), ліній зв'язку між ТС, ТН і ЛЕ; пристрій обліку (ПО) та пристрій збору даних (ПЗД).

У більшості випадків для розрахунку сумарної похибки ВК можна користуватися формулою, яка враховує тільки похибки вимірювальної схеми.

$$\delta_{ВК} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{ТС}^2 + \delta_{ТН}^2 + \delta_{л}^2 + \delta_{\theta}^2 + \delta_{ЛЧ}^2 + \sum_j \delta_{ЛЧдопj}^2},$$

де $\delta_{ТС}$, $\delta_{ТН}$ – відносні похибки відповідно ТС і ТН по модулю вхідної величини, %; $\delta_{л}$ – відносні втрати напруги у вторинних ланцюгах ТН, %; δ_{θ} – відносне значення складових похибки, що визвана кутковими похибками; $\delta_{ЛЧ}$ – відносне значення основної похибки ЛЕ; $\delta_{ЛЧдопj}$ – відносне значення додаткової похибки ЛЕ від j -тої величини, що впливає.

В останні роки спостерігається тенденція, коли вимірювальні ТС і, відповідно, ЛЕ працюють в режимі малих струмових навантажень. В області малих навантажень характеристика сильно йде в область великих негативних значень. Така зміна похибок в області малих навантажень призводить до

серйозних метрологічних втрат (недообліку електроенергії). Тільки в лініях 10 кВ метрологічні втрати складають понад 63 млн. кВт*год на рік.

Тому аналіз завантаження вимірювальних трактів (ТС-ТН-ЛЕ) повинен бути обов'язковим. Як висновок, в першу чергу, необхідна заміна ТС, які працюють із малим навантаженням.

Ключові слова: системи управління електроспоживанням, метод нормування метрологічних характеристик, вимірювальний канал, сумарна абсолютна похибка вимірювання.

УДК 621.311

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Волошко А. В., Филянин Д. В., Дегтярев А. В.

Институт энергосбережения и энергоменеджмента,

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
г. Киев, Украина*

E-mail: orionk@ukr.net

Наличие нелинейных нагрузок и рост числа систем распределенной генерации электроэнергии приводят к искажению формы кривых напряжения и тока в системах электроснабжения (СЭС), то есть к появлению гармоник тока и напряжения, что чревато нарушением работы энергетического оборудования и вредным воздействием на электроприемники потребителя.

Убытки, которые несут субъекты процесса распределения электрической энергии от ухудшения ее качества сверх допустимых норм, должны оплачиваться виновниками нарушения качества. Для этого необходимо определить источники гармоник и оценить степень участия каждого в нарушении синусоидальности, чтобы с помощью системы штрафов и санкций стимулировать потребителя, искажающего параметры качества электроэнергии, устанавливать у себя компенсирующее оборудование.

На сегодняшний день нет общепринятого метода для обнаружения виновников нарушения синусоидальности напряжения в точке общего подключения.

Наиболее универсальным представляется метод определения знака и значения мощности гармоники, генерируемой источником гармоник, поскольку там используются только измеренные величины без каких-либо предположений (например, о линейности сопротивления нагрузки). Однако, измерения искажающей мощности в точке общего подключения (ТОП) не позволяют достоверно определить всех виновников искажения из-за одинакового значения напряжения соответствующей гармонической составляющей для всех потребителей. Для устранения этого недостатка при определении виновника искажения кривой напряжения в ТОП измерение мощности гармоник

необхідно проводити не в точці загального підключення, а в точці передачі енергії, то єсть на клеммах споживача.

Ключеві слова: якість електроенергії, гармоніки, потужність спотворення, коефіцієнт гармонік, джерело спотворення.

УДК 658.26

СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНОЇ КОМПАНІЇ

Калінчик В. П., Шиянов О. О., Дегтярьов О. В., Кульбачний П. В.

Науково-дослідний інститут «Енергія», Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

E-mail: energopro@tcem.ntu-kpi.kiev.ua

Автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ) енергопостачальної компанії (ЕК) виконує функції:

- автоматизації процесу збору, передачі і обробки інформації з розрахункових та контрольних точок обліку електричної енергії на підстанціях, ТП/РП та інших об'єктах, розташованих по периметру ЕК;
- забезпечення роботи усіх елементів АСКОЕ в єдиному розрахунковому часі з збереженням встановлених правил переходу на "літній/зимовий" час;
- одержання даних по обсягах перетоків активної і реактивної електроенергії та потужності ЕК з оптового ринку електроенергії (ОРЕ) та суміжними ліцензіатами й балансу потужності та енергії в інтервалі, тривалість якого може змінюватися;
- забезпечення регламентованого доступу до первинних баз даних (ПБД) лічильників електроенергії та інформації що зберігається на сервері баз даних АСКОЕ ЕК зі сторони зацікавлених суб'єктів ОРЕ;
- забезпечення синхронності вимірювання потужності і електроенергії;
- автоматизації формування складових балансу потужності і електроенергії на межі з ОРЕ та суміжними ліцензіатами (прийом, видача, сальдо);
- автоматизації операцій із підготовки звітів, зведень і аналітичних матеріалів для керівництва.;
- автоматизації процесу передачі комерційної інформації Головному операторові ОРЕ та передачі/отримання інформації від суміжних суб'єктів ОРЕ;
- забезпечення можливості передачі даних до АСКОЕ Головного оператора ОРЕ України по виділених (основних) каналах зв'язку, в якості резервних можливе використання комутованих каналів (після створення мережі передачі даних Головного оператора комерційного обліку);
- забезпечення можливості довгострокової погодинної передачі даних комерційного обліку до АСКОЕ Головного оператора за допомогою УППДВ, згідно з наданим Головним оператором закодованим Реєстром даних.

Програмно-технічні засоби АСКОЕ Компанії утворюють два рівня, до складу яких входять:

- а) нижній рівень АСКОЕ, до якого відносяться:
 - рівень точок обліку електроенергії;
 - рівень об'єктів обліку електроенергії;
- б) верхній рівень АСКОЕ, до якого відносяться:
 - рівень центрального пункту АСКОЕ;
 - рівень автоматизованих робочих місць АСКОЕ.

Кожен із рівнів ієрархії побудовано на основі уніфікованих програмно-технічних засобів, з орієнтацією на використання сучасного мікропроцесорного обладнання та обчислювальної техніки.

Верхні рівні АСКОЕ мають можливість обміну інформацією з підсистемами верхнього рівня АСКОЕ ДП «Енергоринок», ДП НЕК «Укренерго», суміжних обласних енергопостачальних компаній, інших ліцензіатів, а також із підсистемами верхнього рівня АСКОЕ, встановленими у споживачів ЕК.

Нижні рівні АСКОЕ побудовано на базі інтелектуальних електронних лічильників електроенергії, високопродуктивних комунікаційних модулів і засобів телекомунікації.

Ключові слова: автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ), інформаційно-вимірювальна система, оптовий ринок електроенергії (ОРЕ).

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТ З ГІДРОДИНАМІЧНИМ ВРІВНОВАЖУВАННЯМ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ

Писарець А. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: anna.v@ukr.net

При розробці та проектуванні засобу вимірювальної техніки особлива увага приділяється визначенню та дослідженню статичної характеристики перетворення, яка є важливим метрологічним показником приладу.

Робота турбінного перетворювача витрати (ТПВ) описується системою диференціальних рівнянь руху його чутливого елемента (ЧЕ) [1]

$$\begin{cases} 2\pi J \frac{dn(t)}{dt} = M_p - \sum M_o \\ m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = \sum F_i \end{cases}, \quad (1)$$

де $n(t)$ – частота обертання ЧЕ; J – момент інерції ЧЕ; M_p – рушійний момент

від потоку вимірюваного середовища; M_O – моменти опору обертанню ЧЕ; m – рухома маса ЧЕ; $x(t)$ – поздовжнє переміщення ЧЕ; ΣF_i – головний вектор сил, прикладених до ЧЕ.

Дослідження проводились для конструкції з гідродинамічним врівноважуванням турбінки, яке створюється нерівномірністю розподілу статичного тиску вдовж вісі перетворювача, що у свою чергу, було досягнуто профілюванням елементів гідравлічного каналу приладу, а саме втулки ЧЕ.

За усталеного режиму роботи перетворювача система (1) набуває виду

$$\begin{cases} M_P - \sum M_O = 0 \\ \sum F_i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Статична характеристика досліджуваного перетворювача визначається розв'язком системи (2).

Мета досліджень полягала в оцінюванні впливу параметрів конструкції перетворювача та фізичних властивостей вимірюваного середовища на статичну характеристику засобу вимірювання. Для досягнення поставленої мети на основі отриманої математичної моделі було розроблено програмний продукт [2, 3].

Вивчення турбінних перетворювачів показує, що основними параметрами його конструкції є: кількість лопатей, товщина їх профілю, втулкове відношення (відношення радіусу втулки до зовнішнього радіусу турбінки), кут встановлення лопаті на середньому радіусі, осьова довжина турбінки, радіальний зазор.

Аналіз результатів проведених досліджень окреслює наступне:

- одним з найбільш впливових параметрів є кут встановлення лопаті на середньому радіусі, зміна цього параметру в межах $35 \div 60^\circ$ зменшує частоту обертання ЧЕ;
- збільшення кількості лопатей та товщини її профілю, радіусу втулки ЧЕ, осової довжини турбінки, радіального зазору призводить до зростання частоти обертання рухомого елемента;
- зі зменшенням в'язкості вимірюваного середовища з 1,6 до 0,478 сСт частота обертання ЧЕ збільшується, тоді як зміна густини рідини не впливає на статичну характеристику перетворювача.

Ключові слова: турбінний перетворювач витрати, метрологічні характеристики, статична характеристика перетворення.

Література

1. Коробко І. В. Турбинные преобразователи расхода с уравновешенным ротором / І. В. Коробко, А. В. Писарець // Промышленная теплотехника. – 2006. – №4. – С. 84 – 89.
2. Писарець А. В., Коробко І. В. Програмний комплекс для дослідження роботи турбінних перетворювачів витрати // Международная научно-техническая конференция "Прогрессивная техника, технология и инженерное образование". Севастополь, 25 – 28 июня, 2013. Материалы конференции. – К.: 2013, Ч. 1. – С. 128 – 129.
3. Писарець А. В. Система проектування турбінних перетворювачів витрати // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2013. – Вип. 46. – С. 126 – 133.

УДК 681.121

ОГЛЯД ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ОПАЛЕННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Беляєва А. В.

*ТОВ «Промоушн Лтд.» для Бориспільської філії ТОВ «Проктер енд Гембл Україна»,
м. Київ, Україна,*

E-mail: abelyayeva@ukr.net

Енергоефективність промислового виробництва гостро стоїть на порядку денному енергетичної політики нашої держави і для підвищення енергоефективності енергоємних промислових користувачів мають бути застосовані конкретні зусилля.

Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВіК), що застосовуються в багатьох технологічних процесах виробництва та відіграють важливу роль у забезпеченні комфорту та працездатності робочого персоналу, є одними з найбільших споживачів енергії. Покращення продуктивності традиційних систем ОВіК пропонують прекрасну можливість для значного скорочення споживання енергії.

Промислові енергетичні системи можуть бути розділені на п'ять основних типів: парогенераторні установки, вентилятори, насоси, компресори та тепло, що виділяється в процесі виробництва. Останнє може бути застосоване для впровадження енергозберігаючих заходів в системах ОВіК.

Для поліпшення енергетичної ефективності та зниження негативного впливу на навколишнє середовище в системах ОВіК можуть використовуватися різні методи, а саме, застосування рециркуляції витяжного повітря, встановлення теплоутилізаторів, абсорбційних холодильних машин, теплових насосів та відновлювальних джерел енергії, що можуть принести значне скорочення енерговитрат з терміном окупності менше, ніж 6 років.

Споживання енергії в системах ОВіК залежить не тільки від робочих та експлуатаційних параметрів, але й від об'ємів попиту опалення і охолодження, а також термодинамічної поведінки будівлі. Поточне навантаження систем ОВіК у більшості експлуатаційних періодів становить менше від запроектованого, таким чином інтегрований контроль таких компонентів будівлі, як сонячна радіація, освітлення і температура зовнішнього повітря, може привести до значної економії енергії в опалювально-вентиляційних установках будівлі.

Енергоефективність системи ОВіК залежить від нових конфігурацій існуючих компонентів, які роблять їх використання більш ефективним. Кожна система ОВіК має свої специфічні вимоги до проектування та експлуатації і кожна відкриває нові можливості для економії енергії.

Ключові слова: енергозбереження; енергоефективність; системи опалення, вентиляції та кондиціонування; теплоутилізація; рециркуляція.

УДК 681.121

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Писарець А. В., Фісунов І. О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: anna.v@ukr.net, ivan-fisunov@ukr.net

Для моделювання роботи засобів вимірювальної техніки сьогодні використовуються два шляхи, що доповнюють один одного:

- створення на підґрунті математичної моделі, що описує взаємодію потоку вимірюваного середовища з елементами приладу і його роботу в цілому, програмних комплексів для дослідження властивих йому метрологічних характеристик у діапазоні зміни вимірюваної величини [1];
- застосування CFD (Computational Fluid Dynamics) – технологій, що дозволяє уточнити особливості роботи приладу в окремих точках діапазону вимірювання і максимально наблизити до реальних умов застосування [2].

Мета досліджень турбінних перетворювачів витрати полягала у пошуку оптимальної за визначеними критеріями форми чутливого елемента (ЧЕ).

Для досягнення мети було обрано ЧЕ чотирьох різних просторових форм:

- традиційна турбінка, що являє собою циліндричну втулку з гвинтоподібними лопатями;
- турбінка з коаксіальним кільцем, встановленим на середньому радіусі ЧЕ, товщиною, рівною товщині профілю лопаті;
- ЧЕ, що представляє собою турбінку, передній торець втулки якої виконано у формі півкулі з визначеною товщиною стінки;
- турбінка з втулкою у формі півкулі та коаксіальним кільцем товщиною, що дорівнює товщині профілю лопаті, встановленим на середньому радіусі ЧЕ.

Турбінки усіх вказаних ЧЕ були однаковими за геометричними характеристиками (число лопатей, радіус втулки, зовнішній радіус, осьова довжина турбінки, кут встановлення лопатей на середньому радіусі та їх товщина).

Моделювання проводилося для чотирьох значень витрати: Q_{\min} , $0,2Q_{\max}$, $0,5Q_{\max}$ та Q_{\max} , за яких було визначено перепад тиску, побудовані вектори швидкостей на ЧЕ.

Результати досліджень із застосуванням CFD-технологій підтвердили правомірність теоретичних засад, покладених у основу розробленого програмного комплексу, та дозволили виявити найбільш ефективну форму ЧЕ.

Перелік посилань

1. Писарець А. В. Система проектування турбінних перетворювачів витрати // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2013. – Вип. 46. – С. 126 – 133.
2. Системи CAD/CAE. ANSYS FLUENT [Текст]: навч. посіб. / І. А. Гришанова, І. В. Коробко. – К.: «ДІЯ ЛТД», 2012. – 208 с.

Ключові слова: турбінний перетворювач витрати; форма чутливого елемента.

УДК 621.6-52

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА

Стеценко А. А., Науменко В. А., Недзельский С. Д.

Частное акционерное общество «Энергоучет», г. Харьков, Украина

E-mail: sale@energo.kh.ua

В связи с постоянным ростом цен на энергоресурсы все более ужесточаются требования к точности их учета, а следовательно, и к приборам, выполняющим такие функции.

Ультразвуковые расходомеры в последние годы приковывают к себе все большее внимание, поскольку находят широкое применение во многих областях народного хозяйства. Но задачи последующего повышения эффективности ультразвукового метода, в частности – точности, актуальны и по сей день. Особенно, когда речь идет об измерении очень дорогих сегодня энергоресурсов.

Перспективы повышения точности измерений в основном кроются в особенностях метода измерений и технологии производства реализующих этот метод приборов, поэтому интерес представляют факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс измерения, а также пути устранения вызываемых ими погрешностей.

Данные факторы включают:

1) геометрию корпуса счетчика и местоположения преобразователей электроакустических, а также неопределенность, с которой они известны;

2) точность и качество преобразователей и электронных компонентов, используемых в электрической схеме измерения времени прохождения импульсов;

3) методики измерения времени прохождения и вычисления средней скорости;

4) калибровку (включая соответствующую компенсацию задержек сигнала в электронных компонентах и преобразователях).

5) профиль скорости потока;

6) параметры рабочей среды;

7) распределение температуры;

8) пульсации потока;

9) шум, акустический и электромагнитный;

10) твердые и жидкие загрязнения;

11) сохраняемость размеров длительное время.

Перечень факторов, влияющих на метрологические характеристики

счетчиков, по сути, определяет направление деятельности предприятия по улучшению этих характеристик.

Оценивая сегодняшние реалии постоянного повышения цен на энергоносители, предприятие «Энергоучет» еще более ужесточает требования к разработке, производству и контролю качества выпускаемых ею счетчиков газа ГУВР-011. Благодаря этому удалось добиться следующих результатов:

1. Счетчики ГУВР-011 обладают высокой стабильностью показаний во времени, что позволяет обеспечить сохранение метрологических характеристик в течение всего межповерочного интервала.

2. Взаимная нестабильность каналов ГУВР-011 находится в допустимых пределах.

3. Разработан четырехканальный ультразвуковой счетчик газа ГУВР-011 позволяющий проводить учет газа с меньшей погрешностью, а также ультразвуковой счетчик газа ГУВР-011, имеющий в своем составе преобразователи давления и температуры, которые позволяют устранить влияние температуры и давления среды на процесс измерения.

Резюмируя вышесказанное, следует добавить, что будущее ультразвуковой расходомерии видится за так называемыми смарт-приборами, т.е. «умными» приборами учета, способными к диагностике и предотвращению влияния на измерительный процесс любых нежелательных факторов.

Ключевые слова: ультразвуковые счетчики газа, метрологические характеристики, повышение точности, погрешности измерений, расход газа.

УДК 681.121

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ НЕОДНОРІДНОСТІ РІДИНОФАЗНОГО ПОТОКУ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Коробко І. В.

*Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
м. Київ, Україна*

E-mail: i.korobko@kpi.ua

На підґрунті сучасних інформаційних *CFD-технологій*, проведені дослідження впливу гідродинамічних показників потоків рідини на метрологічні характеристики приладів з обтічними тілами, які представлені гідродинамічними перетворювачами витрати.

Моделювання роботи перетворювача витрати гідродинамічного типу проведено з використанням програмного комплексу, який є універсальною програмною системою кінцево-елементного аналізу для розв'язання просторових задач механіки деформованого твердого тіла та конструкцій, завдань механіки рідини і газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики, а також механіки зв'язаних полів. Для повного відтворення процесів у

приладі проведено міждисциплінарний аналіз, що включає в собі пакети *CFX* та *Structural Static*.

Оцінювання взаємодії плинного неоднорідного потоку і ЧЕ різної просторової конфігурації та її вплив на паспортні характеристики приладу проводилися з перетворювачами, ЧЕ яких мають обтічні поверхні різної гаусової кривини: нульової (циліндр), додатної (конус) та від’ємної (порожниста напівсфера). Для вказаних моделей проведено чисельні моделювання з визначенням похибок вимірювання в залежності від кута їх просторової орієнтації на технологічні мережі та відстані від місцевого гідравлічного опору.

В доповіді наведені результати досліджень впливу неоднорідностей течії на роботу перетворювача, які проводилися за оцінюванням величини похибок і впливу на середовище, що характеризується втратою тиску на приладі та значень, запропонованого коефіцієнту ефективності, який узагальнено відображає точність вимірювання і дію на потік. Отримані результати дають чітке уявлення для вибору місць локального розміщення приладів на технологічній мережі за умов максимальної точності і мінімальної дії на вимірюване середовище. Це дозволяє ефективно застосовувати перетворювачі без огляду на вимоги обов’язкового забезпечення прямих ділянок до і після приладів, а, навпаки, в тих місцях на технологічній мережі, де слід враховувати конкретні натурні умови процесу вимірювання.

Ключові слова: витрата, асиметрія потоку, точність перетворювачі витрати.

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОСТОРОВОЇ ФОРМИ ПРИСТРОЮ ЗВУЖЕННЯ ГАЗОВОГО ПОТОКУ НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Коробко І. В., Драчук О. О.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: i.korobko@kpi.ua, lesyaartemenko@gmail.com

Для створення ефективної системи вимірювання об’єму та об’ємної витрати з високою точністю необхідно враховувати процеси, які проходять при взаємодії потоку вимірюваного середовища з елементами конструкції перетворювача витрати та встановити їх обопільний вплив.

Аналіз існуючих схем застосування перетворювачів витрати газу дозволяє дійти висновку, що при створенні вимірювальних ділянок вузлів обліку широкого вжитку набули такі основні види місцевих опорів: конфузор, дифузор, раптові розширення та звуження; коліно з поворотом на кут $\pi/2$ рад; два коліна з поворотом на кут $\pi/2$ рад кожний та розміщених в одній площині; два коліна з поворотом на кут $\pi/2$ рад кожний і розміщених в різних площинах, для яких необхідно дослідити ступінь їхнього впливу на газодинамічні характеристики вимірюваного потоку.

Досить часто при побудові вузлів обліку природного газу виникає необхідність у змінах номінального діаметру трубопроводу, викликаних технологічними задачами, що обумовлені застосуванням засобів вимірювання різного класу і типорозміру. При цьому необхідно мінімізувати вплив вимірювальної ділянки вузла обліку на потік і, цим самим, забезпечити найменші зміни газодинамічних та фізичних характеристик течії середовища, які безпосередньо впливають на метрологічні параметри засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати.

В доповіді наведені результати досліджень плинного газового потоку крізь місцеві опори, що звужують потік, просторової форми у вигляді конфузора та сопла Вітошинського, з різними геометричними параметрами, в широкому діапазоні зміни чисел Рейнольдса. Виявлено практичну відмінність при застосуванні різного класу місцевих опорів, що входять до складу вузлів обліку, і створення ними неоднорідностей потоку. Запропонована методологія оцінювання ступеня асиметрії газового потоку, що створюється локальними опорами різного призначення та форми. Це дозволяє визначати характер потоку на вході перетворювача витрати. Дослідження проводилися із застосуванням методів обчислювальної гідрогазодинаміки на базі програмного комплексу ANSYS, який реалізує метод кінцевих елементів і дозволяє з високою ймовірністю моделювати рідинні і газові потоки та теплопередачу в локальних точках течії, як за поперечним перерізом, так і по його протяжності.

Ключові слова: газ, об'ємна витрата, вузли обліку, об'єм.

УДК 681.121

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ГАЗУ ТА КОНСТРУКЦІЇ ТУРБІННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВИТРАТИ НА ЇХ МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Коробко І. В., Коваленко В. А.

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

E-mail: i.korobko@kpi.ua, kovian7@gmail.com

Широкому застосуванню турбінних лічильників для вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу сприяють результати досліджень, виконаних останніми роками, що спрямовані на досягнення високої точності та широкого діапазону вимірювання, надійності, швидкодії, простоти експлуатації та ін. Високі показники вказаних метрологічних характеристик можуть бути забезпечені за умови ідеальної гідродинамічної картини потоку вимірюваного середовища, що відрізняється від натурних умов реєстрації і експлуатації засобів вимірювання. Тому, актуальним питанням є підвищення метрологічних характеристик турбінних вимірюваних перетворювачів за реальних фізичних властивостей потоку вимірюваного середовища та умов реєстрації об'єму і об'ємної витрати газу.

Аналіз останніх досліджень показує, що на точність вимірювання витрати турбінними перетворювачами мають вплив: геометричні форми та параметри турбінного чутливого елемента і вимірювальної камери; аеродинамічні характеристики профілю турбіни; геометричні параметри струмовипрямляча; геометричні і режимні характеристики плинку вимірюваного середовища по технологічній магістралі на паспортні показники засобу вимірювання; умови експлуатації і оброблення вихідної інформації.

При розв’язанні задач ефективної реєстрації об’єму та об’ємної витрати слід першочергово враховувати вплив на невизначеність результатів вимірювання коефіцієнту стисливості, густини, показника адиабати, коефіцієнту динамічної в’язкості природного газу.

Для отримання високих метрологічних характеристик турбінних вимірювальних перетворювачів витрати необхідно при проектуванні чутливих елементів відтворити їх раціональну геометричну і просторову форму, за умов забезпечення мінімального впливу на потік газу (втрату тиску), формування максимального моменту обертання на турбінному чутливому елементі і високої чутливості приладу.

В доповіді викладені результати досліджень, із застосуванням сучасних методів обчислювальної газодинаміки реалізованих моделюючим комплексом ANSYS, взаємодії потоку вимірюваного середовища з елементами конструкції перетворювача витрати газу турбінного типу, оцінювання складових похибок, обумовлених такою взаємодією, та окреслені можливі шляхи для їх зменшення чи усунення.

Ключові слова: природний газ, витрата, турбінний вимірювальний перетворювач, невизначеність вимірювання.

УДК 681.121/532.57

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ РІДИНИ У ВІДКРИТИХ КАНАЛАХ

Волинська Я. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: jaravolynska@gmail.com

На сьогодні комерційний облік стічних вод є одним із перспективних напрямків в галузі комунального господарства. Громадяни, підприємства та організації оплачують послуги водовідведення подібно до того, як вони оплачують послуги водопостачання – пропорційно об’єму води, що відводиться. Комерційні розрахунки за водовідведення проводяться на основі опосередкованих даних, що визначаються шляхом зіставлення об’єму стоків з об’ємом водоспоживання. Проте, у зв’язку з технологічними та побутовими особливостями ці дві величини можуть значно відрізнятися. В зв’язку з цим організація реального приладного обліку стічних вод є важливим завданням.

Вимірювання витрати води у відкритих каналах реалізується прямими або опосередкованими методами. Основними прямими методами є об'ємний, масовий та об'ємно-гідравлічний. До опосередкованих методів вимірювання належать метод «швидкість-площа», «нахил-площа» та мітковий. Прямі методи вимірювань використовують, головним чином, при проведенні метрологічних досліджень, градування, атестації витратомірів та іншого спеціального обладнання, оскільки вони забезпечують найбільшу точність, хоча певною мірою залежать від приладів та пристроїв, що використовуються. В свою чергу в експлуатаційній гідрометрії найбільшого поширення набули опосередковані методи.

Одним із найбільш ефективних способів вимірювання параметрів потоку є вимірювання рівня рідини, що протікає через градуйований лоток (Паршала, Кафагі-Вентурі чи ін.). Принцип дії полягає в безконтактному вимірюванні рівня рідини, що протікає в водоводі, і перерахунку його в миттєве значення витрати з подальшим інтегруванням. Такі вимірювання, особливо із застосуванням сучасної мікропроцесорної техніки, дозволяють отримати достовірні результати і одночасно розрахувати напірно-витратну характеристику водоводу. Однак, недоліком даного методу є необхідність калібрування мірної ділянки, а також поява відкладень та осаду, що вносять додаткову похибку при вимірюванні рівня рідини.

Отже, при організації вузла обліку стічних вод потрібно керуватися такими основними критеріями, як вибір оптимального методу вимірювання, простота технічного обслуговування, а також точність та висока надійність. При використанні результатів вимірювань об'єму стічних вод в сфері комерційних розрахунків виникає необхідність метрологічного контролю, що в свою чергу приводить до необхідності постійного удосконалення еталонної бази.

Ключові слова: відкритий канал, водовід, витрата, рівень рідини.

УДК 681.5.09

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО РЕСУРСУ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Реуцький Є. А.

Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

E-mail: evgeniy@ukr.net

Ресурс інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) є однією з важливих характеристик під час експлуатації. В технічній документації ІВС зазвичай вказують загальне значення ресурсу, яке визначається напрацюванням до граничного стану, після досягнення якого її експлуатація припиняється. Як показують практичні дослідження, реальне значення ресурсу ІВС є меншим від задекларованого. Для ІВС, що має нормовані метрологічні характеристики, актуальною задачею є розробка методу визначення метрологічного ресурсу, як

складової загального ресурсу. Під метрологічним ресурсом будемо розуміти час напрацювання ІВС до метрологічної відмови, коли похибка ІВС вийшла за допустимі границі.

В основу запропонованого методу визначення метрологічного ресурсу покладено знаходження швидкості зміни v метрологічної характеристики $\xi(t)$ вимірювального каналу ІВС в часових інтервалах між перевірками. На першому етапі визначаємо середнє значення $a_v(t)$ та середньоквадратичне відхилення $s_v(t)$ швидкості зміни метрологічної характеристики вимірювального каналу

$$\text{для побудови щільності розподілу } f_j(v) = \frac{1}{s_v(t_j)\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(v - a_v(t_j))^2}{2s_v^2(t_j)}\right].$$

Значення ресурсу в загальному випадку визначається з виразу $T_M = \frac{\xi_{max}(t)}{v_\xi(t)}$.

Слід зазначити, що T_M є випадковою величиною, тоді, знайшовши значення щільності розподілу $f(T_M)$ за відомою $f(v)$, можна обчислити ймовірність метрологічної відмови $q(t) = \int_0^t f(t)dt$. Для спрощення розрахунків та

програмної реалізації можна знаходити значення ймовірності метрологічної справності $p(t)$ вимірювального каналу ІВС: $p(t) = 0,5 + \Phi\left(\frac{\xi_{max} - a_v t}{t\sigma_v}\right)$.

В середовищі Labview було розроблено програму для визначення метрологічного ресурсу ІВС та його контролю, що дозволяє проводити моніторинг технічного стану вимірювальних каналів та в разі необхідності здійснити своєчасне обслуговування ІВС. У подальшому перспективними є дослідження з прогнозування та визначення метрологічного ресурсу ІВС для випадку негауссівського закону розподілу метрологічної характеристики.

Ключові слова: метрологічний ресурс, інформаційно-вимірювальна система, метрологічна відмова, щільність розподілу.

УДК 681.121

ДОСЯГНЕННЯ ВИСОКИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАНОВКИ ДЗВОНОВОГО ТИПУ З КЕРОВАНИМ РУХОМ МІРНИКА ЗА РАХУНОК СТАБІЛІЗАЦІЇ ТИСКУ

Рак А. М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

E-mail: i.mysticus@gmail.com

Для досягнення високих метрологічних характеристик установок дзвонового типу визначним фактором є стабільність тиску у піддзвоновому просторі протягом всього вимірювального циклу [1-2], який визначається

сталістю рівнодійної сил, що окреслюють рівновагу дзвонового мірника при відтворенні витрати. Внаслідок порційно-статичного режиму роботи, це вимагає значного часу (а отже немалих лінійних розмірів мірника) для досягнення усталеного режиму відтворення витрати та мінімізації впливу перехідних процесів.

Відмінністю досліджуваної установки є використання сервоприводу для керування швидкістю руху мірника, який також визначає його рівновагу. Показником ефективності такого рішення є стабільність тиску в піддзвоновому просторі, вплив якого на сумарну похибку установки оцінювався шляхом математичного моделювання різниці значень об'ємів газу: витісненого дзвоном та надійшовшого до засобу вимірювання. Для цього застосовувався вираз

$$\delta_p = \int_0^H \left(\frac{\Delta P}{P(dH/dt)} \right) dH,$$

де ΔP – зміна абсолютного тиску в піддзвоновому просторі за час витіснення контрольного об'єму; H – вертикальне переміщення дзвону при витісненні об'єму; $P(dH/dt)$ – закон зміни тиску в піддзвоновому просторі, як функція швидкості руху мірника.

На рис. 1 наведено дані спостережень надлишкового тиску у піддзвоновому просторі за об'ємної витрати $10 \text{ м}^3/\text{год}$. Вклад основної похибки від флуктуацій тиску для характеру його розподілу, що наведений на рис.1, зображено на рис. 2.

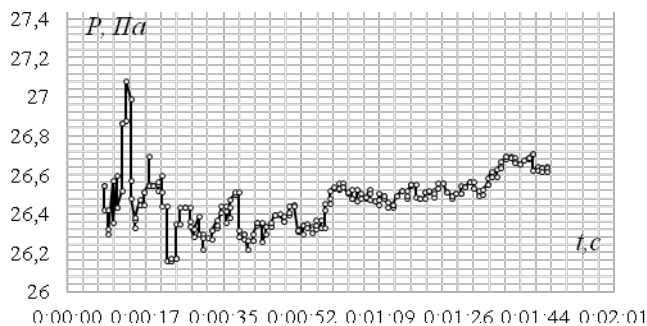


Рис. 1. Зміна тиску у піддзвоновому просторі за об'ємної витрати $10 \text{ м}^3/\text{год}$

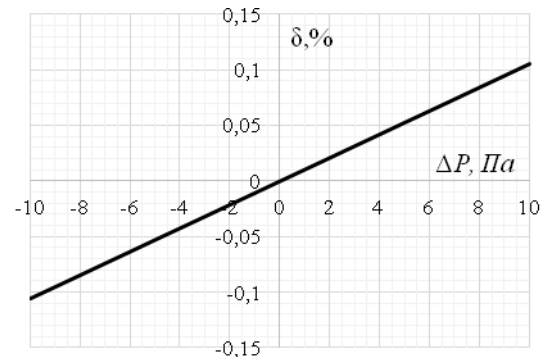


Рис. 2. Залежність відносної похибки установки від величини перепаду тиску

В доповіді наведені результати натурних випробувань, які уможливають оцінку впливу зміни (флуктуації) тиску в піддзвоновому просторі на похибку дзвонової витратовимірювальної установки з керуванням швидкості руху мірника. Це дозволяє розробити ефективний алгоритм керування сервоприводом та дає можливість досягти оптимального використання внутрішнього об'єму дзвонового мірника при відтворенні об'єму та об'ємної витрати газу.

Перелік посилань

1. Петришин І. С., Бестелесний А. Г. Алгоритм оцінки похибок державного спеціального еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу // *Методи та прилади контролю якості.* – 1997. – № 1. – С.75 – 79.
2. Середюк О. Є. Математичне моделювання похибки від непостійності тиску в дзвонових витратовимірювальних установках // *Методи та прилади контролю якості.* – 1998. – № 2. – С. 23 – 27.

Ключові слова: газ, витрата, дзвонова установка, стабільність тиску, сервоприводний механізм.

УДК 621.317

ВПЛИВ КІЛ ОБЛІКУ НА ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

*¹Петрище М.О., ¹Бородулін С.О., ²Крутов С.Л., ¹Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, Україна, ²ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ, Україна
E-mail: qq000@yandex.ru*

Облік електричної енергії здійснюється за допомогою ряду засобів обліку, до яких згідно з чинними Правилами користування електричною енергією відносяться кола обліку. Кола обліку не є засобами вимірювальної техніки, однак їх параметри впливають на вимірювальну інформацію, що передається від трансформаторів до лічильників електричної енергії (ЛЕЕ). Зокрема, комплексний опір кіл з'єднання трансформаторів напруги (ТН) з ЛЕЕ викликає падіння напруги, яке спричиняє відмінність між напругою на виході ТН та на вході ЛЕЕ. Нормативні документи регламентують визначення похибки вимірювання електричної енергії з урахуванням втрат напруги. Така вимірювальна величина є алгебраїчною різницею між вказаними напругами і не враховує кут зсуву фаз між ними, який в свою чергу змінює кут зсуву фаз між струмом та напругою в електричній мережі. Неврахування кута зсуву фаз між напругами є причиною виникнення неврахованої похибки вимірювання.

При вимірювання електричної енергії доцільно використовувати один із наступних методів:

1. Визначення індивідуальних метрологічних характеристик ТН з підключеними колами обліку (тобто вторинною напругою ТН вважати напругу на ЛЕЕ). В цьому випадку взагалі відпадає необхідність будь-яких вимірювань безпосередньо у вторинних колах. Недоліками такого методу слід вважати необхідність прокладання додаткових провідників, довжина яких в окремих випадках може складати сотні метрів. В цьому випадку також необхідно узгоджувати між собою вимоги щодо періодичності метрологічних робіт (міжповірочний інтервал ТН становить 4 роки, перевірка кіл обліку необхідна один раз на 2 роки).

2. Встановлення таких норм на падіння напруги в колах, за яких воно гарантовано не впливає на результати вимірювання з урахуванням максимально допустимого навантаження. До недоліків такого методу слід віднести

підвищену точність вимірювань та необхідність збільшення матеріальних витрат на виконання підвищених норм.

Висновки. Визначений в нормативних документах внесок втрат напруги до результату вимірювання електричної енергії є сумнівним. Для врахування впливу вторинних кіл трансформаторів напруги на результат вимірювання необхідно втрати напруги враховувати кутову зсуву фаз між напругами на виході трансформатора та вході лічильника. Нормативні документи з визначення таких параметрів та їх використання повинні бути доопрацьовані.

Ключові слова: кола обліку, втрати напруги, падіння напруги.

УДК 001:504; 001.89:004

АКУСТИЧНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШОК У ВОДІ

Погребенник В.Д., Пташник В.В.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

E-mail: vpohreb@gmail.com; ptashnykproject@gmail.com

Отримання достовірної інформації про якість питної та природної води у режимі реального часу дозволяє оперативно приймати необхідні рішення та дії з метою запобігання нанесення шкоди як людям, так і технічним пристроям, які використовують воду. Нині існує велика кількість різноманітних приладів, в основу яких покладено кондуктометричні, оптичні та акустичні методи, за допомогою яких проводять визначення загального вмісту розчинених і завислих у водному середовищі частинок. Аналіз отриманих результатів показує, що вони не повністю відповідають вимогам за точністю, оперативністю та робочим діапазоном тощо. Отже, розроблення методів покращення метрологічних та техніко-економічних характеристик аналізаторів сумарного вмісту домішок у воді, є актуальною та важливою прикладною задачею.

Методи акустичного контролю дають змогу доволі легко автоматизувати процес моніторингу водного середовища, однак вони дають лише якісну інформацію. Причиною цього є низка невирішених питань як теоретичного, так і технічного характеру, а також те, що похибки таких методів контролю не задовольняють вимог до експрес-аналізаторів води. Отже, для розроблення акустичного аналізатора сумарного вмісту домішок у воді необхідно не лише подолати труднощі технічного характеру, але і розробити методи опрацювання акустичних сигналів.

Виконано порівняльний аналіз акустичних методів визначення сумарного вмісту домішок у водному середовищі. Основною проблемою акустичних методів є вплив температури на результат вимірювання. Отримано вираз для похибки визначення сумарного вмісту домішок, на яку впливає швидкість звуку у воді та температура. Оцінено похибку сумарного вмісту домішок у воді за точності вимірювання швидкості звуку 0,1 м/с, і температури – 0,1 °С, яка становить 1,1 %.

Використання еталонного каналу спрямоване на усунення впливу температури на результат вимірювання. Еталонний канал, залежно від типу еталонної рідини,

дає змогу врахувати вплив на швидкість поширення звуку у досліджуваному водному середовищі таких чинників – температури, вмісту солей у воді та органічних домішок. Отже, похибка вимірювання сумарного вмісту домішок у воді визначатиметься похибками визначення швидкості звуку в означених середовищах.

Ключові слова: вимірювання, акустичний метод, концентрація домішок.

УДК 001:504; 001.89:004

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШОК У ВОДІ

Погребенник В.Д., Крайківський Р.С.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

E-mail: vpohreb@gmail.com ro_gate@i.ua

Мікропроцесорну систему для вимірювання загальної концентрації домішок у воді виконано на базі платформи ARDUINO, яка є перспективною у випадку виконання дослідних зразків вимірювальних приладів та систем. Основними компонентами ARDUINO є плата вводу/виводу та середовище розробки на мові Processing/Wiring. ARDUINO може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключення до програмного забезпечення, зокрема, Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, Supercollider.

Мікроконтролер типу ARDUINO-MEGA має обсяг енергонезалежної пам'яті 4 Кбайт та ОЗУ 16 Кбайт, зв'язок з ним здійснюється протоколом STK500, містить внутрішній завантажувач, тому зовнішня програма непотрібна. Її можна програмувати через USB-роз'язтя. Плата ARDUINO дозволяє використовувати значну кількість виводів мікроконтролера (до 14 входів/виходів) у зовнішніх схемах, половину з яких можуть видавати широтно-імпульсно модульований сигнал, а інша частина може приймати аналогові сигнали. Точність вимірювання сигналів, що квантуються, визначається частотою тактування 16 МГц або 8 МГц кварцового резонатора. Мікропроцесорна система для вимірювання загальної концентрації домішок у воді містить засоби керування процесів вимірювання, попереднього опрацювання результатів та безпосереднього керування сенсорами.

Окреслено особливості апаратних засобів попереднього опрацювання результатів вимірювань. Їх використання призводить до деяких ускладнень та подорожчання мікропроцесорної системи в цілому, але і надає певні переваги зокрема, коли визначення параметрів рідин зводиться до вимірювання часових інтервалів та зміни форми багаторазово відбитих акустичних сигналів унаслідок ультразвукового зондування досліджуваного середовища.

Засіб керування процесом вимірювання, в таких випадках, перебуває в режимі очікування до моменту отримання даних, які формуються засобами попереднього опрацювання результатів вимірювання. Статистичне опрацювання та аналіз результатів вимірювань здійснюється портативним персональним комп'ютером, там же зберігаються результати, які можуть бути представлені у вигляді гістограм та графіків.

Ключові слова: вимірювання, мікропроцесорна система, концентрація домішок.