

СЕКЦІЯ 8
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ В
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО
МЕНЕДЖМЕНТУ ЗА СТАНДАРТОМ ISO 50001

Вацшиак І. Р., Вацшиак С. П.

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

Проблеми енергозабезпечення та ефективного використання енергоресурсів є найважливішим фактором для сталого розвитку країни. Інтенсивний розвиток паливно-енергетичного комплексу та широкомасштабний видобуток енергоресурсів негативно впливають на навколишнє середовище. Тому необхідно шукати прийнятні компроміси між розвитком енергетичного комплексу і можливістю збереження якості навколишнього середовища. Зростання негативного впливу світового енергоспоживання на навколишнє середовище може визвати подальші більш жорсткіші вимоги щодо його захисту відповідно до Кіотського протоколу.

Підвищуючи свою енергоефективність, підприємства всіх типів можуть забезпечити відчутні вигоди в короткі терміни за рахунок максимального використання своїх енергоресурсів та енергетичних активів, зменшуючи, таким чином, вартість і споживання енергії. Покращити свій спосіб управління енергоресурсами можна шляхом впровадження та сертифікації системи енергетичного менеджменту за стандартом ISO 50001 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування». Існуючі державні стандарти пропонують досить абстрактні цілі досягнення енергоефективності, але суворо регулюють шляхи їх отримання. Вимоги міжнародного стандарту регламентують те, чого потрібно досягнути, але не конкретизуючи яким чином.

Важливим елементом системи енергетичного менеджменту є затверджена вищим керівництвом організації і прийнята до виконання Енергополітика. Крім основних намірів і напрямків діяльності підприємства, спрямованих на постійне підвищення енергоефективності та забезпечення енергозаощадження, Енергополітика включає також і додаткові зобов'язання щодо застосування відновлюваних або альтернативних джерел енергії, скорочення впливу на навколишнє середовище. Значний екологічний ефект дає перебудова енергоємної економіки шляхом заміни застарілих технологій на нові екологічно прийнятні та ефективні технології. Для досягнення таких намірів формуються Енергоцілі на основі детального процесу енергопланування.

Стандарт ISO 50001 заснований на загальних принципах, використовуваних у всіх стандартах систем менеджменту ISO, що забезпечує високий рівень сумісності з ISO 9001 та ISO 14001.

Підприємства, що застосовують систему енергетичного менеджменту за стандартом ISO 50001, мають можливість суттєво скоротити витрати на споживання енергії та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Ключові слова: система енергетичного менеджменту, енергетична політика підприємства, енергозбереження, енергопланування.

УДК 621.6

ОПЫТ РАБОТЫ АО “ЭНЕРГОУЧЕТ” ПО СОЗДАНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СФЕРЕ УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Стеценко А. А.

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

В связи с постоянным ростом цен на энергоресурсы и необходимостью внедрения энергосберегающих технологий возрастают не только спрос на средства измерительной техники учета количества газа, жидкости и теплоты, но и требования к их метрологическим характеристикам. В настоящее время также остро стоит вопрос метрологического обеспечения данных приборов.

Предприятие «Энергоучет» имеет многолетний опыт работы в разработке и создании приборов, узлов, комплексов и систем учета различных сред, в том числе и энергоресурсов, а также, средств их метрологического обеспечения: поверочных и калибровочных установок, стендов, эталонов.

К основным направлениям деятельности предприятия по созданию информационно-измерительных систем и их компонентов в сфере учета энергоресурсов относятся:

1. Разработки в сфере учета газообразных веществ:
 - счетчики газа ультразвуковые ГУВР-011;
 - вычислители ВК-011;
 - измерительные комплексы и узлы учета на базе счетчиков ГУВР-011.
2. Разработки в области учета жидкостей и тепла:
 - расходомеры-счетчики ультразвуковые УВР-011 и узлы учета на их базе;
 - расходомеры-счетчики ультразвуковые доплеровские УДР-011 и узлы учета.
3. Создание поверочных и калибровочных стендов, установок, эталонов:
 - автоматизированные поверочные установки для расходомеров жидкости;
 - автоматизированные поверочные установки для счетчиков газа (рабочая среда «воздух», атмосферное рабочее давление);

- автоматизированные поверочные установки для счетчиков газа (рабочая среда «природный газ», рабочее давление до 6,3 МПа);
- эталоны расхода газа на базе трубопоршневых установок;
- калибровочные стенды для бытовых расходомеров жидкости и газа;
- эталонные счетчики жидкости и газа;
- эталоны-переносчики расхода жидкости и газа.

4. Разработка программного, нормативного и метрологического обеспечения.

В докладе приводится перечень оборудования, создаваемого в соответствии с перечисленными направлениями, его назначение, основные технические характеристики, принцип действия, преимущества.

Ключевые слова: учет энергоресурсов, измерительно-информационные системы.

УДК 658.26

МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Сидор А. Р.

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

Для багатьох сучасних технічних автоматизованих систем вирішення проблеми надійності визначає, бути чи не бути цим системам. До таких розгалужених систем можна віднести складні інформаційно-вимірювальні системи.

Автоматизовані системи обліку електроенергії часто можна подати у вигляді складних розгалужених систем. Вони дозволяють здійснювати облік та оперативний контроль за споживанням електроенергії підприємством в цілому та його структурними підрозділами; вибір оптимальних режимів експлуатації електрообладнання; перехід до розрахунків за електроенергію відповідно до тарифів, диференційованих за зонами доби.

Автоматизована система обліку електроенергії повинна мати такі функціональні рівні: нижній рівень одержання і дискретизації інформації, середній рівень збору та збереження первинної інформації, верхній рівень - автоматизоване робоче місце головного енергетика. На нижньому рівні повинно здійснюватися безпосереднє вимірювання електричної енергії в точках обліку, дискретизація інформації і передача її у вигляді нормованого електричного сигналу.

Розглянемо систему, в якій елементу 0-го рівня підпорядковуються a_1 елементів 1-го рівня, кожному елементу 1-го рівня – a_2 елементів 2-го рівня, кожному елементу 2-го рівня – a_3 елементів 3-го рівня, де a_1 – коефіцієнт

розгалуження до 1-го рівня, a_2 – коефіцієнт розгалуження до 2-го рівня, a_3 – коефіцієнт розгалуження до 3-го рівня.

Твірна функція для цієї системи запишеться у вигляді:

$$S_3(z) = p_0 \sum_{x_1=0}^{a_1} C_{a_1}^{x_1} p_1^{x_1} q_1^{a_1-x_1} \sum_{x_2=0}^{a_2 x_1} C_{a_2 x_1}^{x_2} p_2^{x_2} q_2^{a_2 x_1 - x_2} z^{x_2} \sum_{x_3=0}^{a_3 x_2} C_{a_3 x_2}^{x_3} p_3^{x_3} q_3^{a_3 x_2 - x_3} z^{x_3} + q_0, \quad (1)$$

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 часові характеристики надійності системи: тривалість перебування системи в кожному стані, тривалість перебування системи в заданому стані готовності. На основі цих характеристик надійності системи вибирається кількість резервних елементів вихідного рівня.

Ключові слова: характеристики надійності, старіючі елементи, закон Релея, інформаційно-вимірювальні системи.

УДК 621.311

МОНІТОРИНГ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

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

¹⁾НДІ „Енергія” Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”; ²⁾ІЕЕ Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

В умовах, якщо розташування точок вимірювання електричної енергії не збігається з межею балансової належності елементів електричної мережі, необхідно визначати технологічні втрати електричної енергії, що пов’язані з передачею електричної енергії електричними мережами суб’єктів господарювання, а також при складанні балансів електричної енергії в електричних мережах.

Втрати електричної енергії в елементах електричної мережі визначаються за результатами вимірювань як різниця обсягів електричної енергії, обчислених за одночасно знятими показами лічильників, встановлених на вході і виході елементів електричної мережі.

Якщо точка вимірювання електричної енергії не збігається з межею балансової належності елементів електричної мережі, кількість електричної енергії на межі балансової належності обчислюється з урахуванням поправки, величина якої обумовлена втратами електричної енергії в елементах електричної мережі від межі балансової належності до точки вимірювання.

Кількість активної та реактивної електричної енергії, яка перетікає через межу балансової належності, обчислюють за різницею показів лічильника в кінці та на початку цього періоду часу з урахуванням поправки до кількості

електричної енергії, яка обумовлена незбігом точки вимірювання електричної енергії з межею балансової належності елементів електричної мережі.

До складу поправки входять втрати в силових трансформаторах, втрати активної енергії в проводах повітряних ліній і жилах кабелів кабельних ліній на ділянці мережі від межі балансової належності елементів електричної мережі до точки вимірювання, тощо.

При застосуванні автоматизованих систем обліку електроенергії втрати електричної енергії в елементах систем електропостачання на ділянці мережі від межі балансової належності елементів електричної мережі до точки вимірювання визначаються протягом i -го інтервалу часу з умовно-сталим навантаженням.

Значення інтервалу часу із умовно-сталим навантаженням рекомендовано приймати для всіх ступенів напруги рівним 30 хвилин, якщо інше не визначено нормативними документами з автоматизації обліку електричної енергії.

Ключові слова: втрати електричної енергії, межа балансової належності, автоматизована система обліку енергоресурсів (АСКОЕ), достовірність показів лічильників.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИНХРОННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

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

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

В связи с изменившимися за последние десятилетия условиями функционирования энергосистемы, можно выделить следующие взаимосвязанные проблемы:

- Достоверность показаний счетчиков электроэнергии;
- Определение виновников нарушения параметров качества электроэнергии и степень участия каждого;
- Наблюдаемость распределительных сетей, то есть возможность системы предоставлять информацию о текущем состоянии, необходимую для управления ею.

На данный момент не существует общей теоретической базы для расчета энергопотребления, оценки качества электроэнергии, обнаружения основных источников искажения показателей качества электроэнергии (ПКЭ), расчета сглаживающего оборудования (активные фильтры, динамические компенсаторы и т. д.). Математические соотношения для исследований в этом направлении собраны в стандарте IEEE 1459.

Исследования достоверности показаний счетчиков электроэнергии, проведенные российскими специалистами, показали рост их погрешности при

ухудшени ПКЭ по коэффициенту гармоник, прямой и обратной последовательности до 10-20%.

На данный момент о состоянии распределительной сети можно судить по данным автоматизированной системы учета энергоресурсов АСКУЭ и телемеханики, которые не позволяют оперативно и достоверно оценить режим работы. Представляется целесообразным использование технологии синхронных векторных измерений с использованием математических соотношений стандарта IEEE 1459 в распределительных сетях. Это позволит за счет обработки векторной информации в едином «абсолютном» времени обеспечить более точный учет электроэнергии и предоставит данные для определения степени участия каждого потребителя и энергосистемы в нарушении ПКЭ, а также позволит повысить функциональную гибкость релейной защиты и противоаварийной автоматики.

Ключевые слова: векторные измерения, наблюдаемость распределительных сетей, качество электроэнергии, достоверность показания счетчиков.

УДК 621.3.083.7

ДО ПИТАННЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИМИКАЧІВ

Грабко В. В., Вишневецький Я. А.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Відомо, що високовольтні вимикачі є основним обладнанням в реалізації задачі енергопостачання. Технічний стан вимикачів зумовлює вагомий вплив на показник надійності роботи енергосистеми. Однак достовірно визначити роботоздатність вимикача непросто, враховуючи стохастичний характер одних та недостатньо обґрунтовану оцінку інших факторів впливу. Особливість роботи такого електрообладнання ускладнюється умовами, в яких неможливо провести оцінку технічного стану шляхом візуального огляду блоків, контактних частин без виведення його з роботи та розбирання.

Тому не дивно, що в енергосистемах виникають іноді аварійні ситуації, що пов'язані з відмовою в роботі вимикачів.

Виходячи з наведеного, актуальною є задача розробки та створення методів та приладів для більш детального і точного аналізу роботоздатності вимикачів. Серед існуючих методів одним із основних є аналіз витрачання комутаційного ресурсу з врахуванням струму, що протікає через вимикач в момент комутації. Однак вказаний підхід не дає інформації щодо роботоздатності інших складових вимикача, наприклад, стану привода. Окрім того зазначений метод не дозволяє в повній мірі оцінити зношення контактної системи, оскільки не враховується тривалість та умови горіння дуги.

В теперішній час розроблено ряд новітніх методів для діагностування вимикачів, які враховують вібраційні процеси при спрацюванні вимикача. При цьому знята за допомогою акселерометрів вібраційна картина аналізується з використанням перетворення Фур'є та вейвлет аналізу.

Не менш цікавою є оцінка роботи вимикача на основі аналізу струму електромагнітного привода. Це дозволяє на кривій струму виділити конкретні моменти часу, в які відбуваються певні події, виявити аномалії, що свідчить про нерівномірний рух якоря, неодноразовість ввімкнення полюсів тощо.

Відомий ряд приладів (ТМ1600/МА61, ПКВ/М7, ПКВ/У3), що дозволяють проводити діагностування вимикача шляхом розміщення ряду датчиків та вимірювання часу спрацювання. Однак вони не дозволяють виявити дефекти на початковій стадії їх виникнення та проводити постійний моніторинг стану під час роботи обладнання до того моменту, коли дефекти вже суттєво впливають на ефективність роботи вимикача.

В роботі пропонується структура пристрою для діагностування стану вимикача на основі врахування вищезгаданих методик.

Ключові слова: високовольтний вимикач, залишковий ресурс, діагностування.

УДК 681.121.89.082.4

УТОЧНЕННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ АКУСТИЧНИХ КАНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИТРАТОМІРІВ

Роман В. І., Матіко Ф. Д.

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

Точність вимірювання витрати ультразвуковим методом забезпечується точним відтворенням профілю потоку за значеннями швидкостей, із окремих акустичних каналів ультразвукових витратомірів (УЗВ). Це зумовило розробку багатоканальних УЗВ, які точніше відтворюють профіль потоку завдяки наявності більшої кількості вимірюваних значень локальних швидкостей. У таких УЗВ витрата обчислюється за значеннями швидкостей потоку, із кожного АК. Тобто у обчислювачах витрати реалізують алгоритми інтегрування швидкості потоку по всьому перерізу вимірювального трубопроводу на основі швидкостей у окремих точках перерізу трубопроводу. Таке завдання вирішують числовими методами інтегрування (ЧМІ). За їх допомогою визначають вагові коефіцієнти акустичних каналів для рівняння витрати, а отже одним із способів підвищення точності УЗВ є удосконалення методів інтегрування швидкості потоку.

Шляхом порівняння кривих швидкості потоку, отриманих за степеневим законом розподілу, та кривих вагової функції ЧМІ Гауса-Якобі, авторами встановлено доцільність вибору показника степеня k цієї вагової функції рівним 0,2. Визначення похибки удосконаленого ЧМІ Гауса-Якобі для 4 каналного

УЗВ виконано відносно профілю швидкості потоку, отриманого за функцією Salami P9 (реалізує структуру потоку після місцевого опору «90° коліно» в горизонтальній площині, рис.1,а,б). Встановлено (рис.1.в), що найменше значення похибки інтегрування витрати ЧМІ Гауса-Якобі досягається при $k=0,2$.

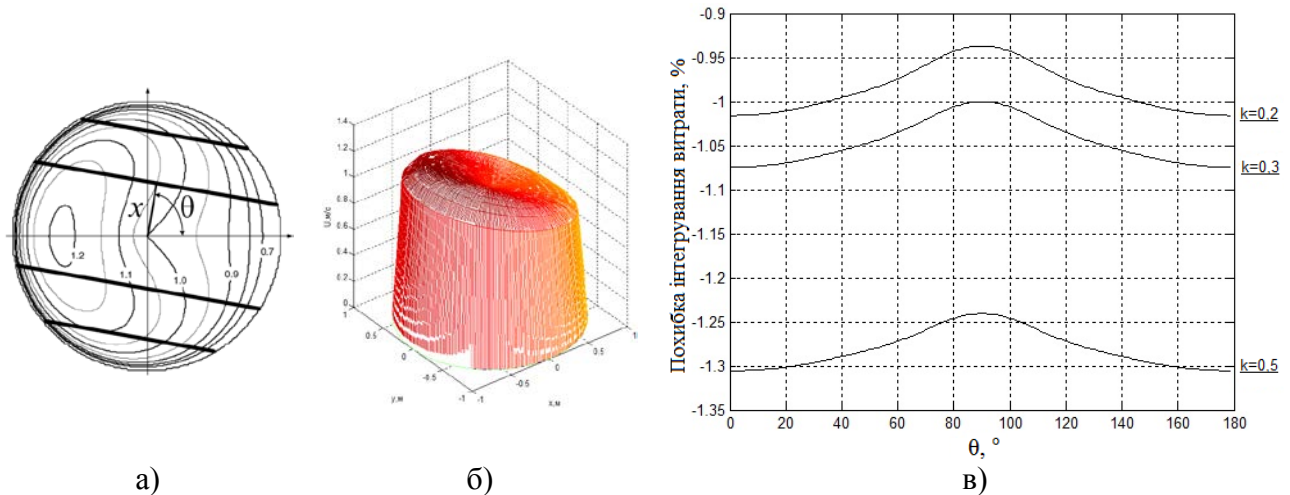


Рис. 1. Ізолінії швидкості функції Salami P9 (а). Профіль швидкості Salami P9 (б). Похибка інтегрування витрати УЗВ методом Гауса-Якобі для різних значень k (в)

Крім того, похибка інтегрування такого УЗВ незначно змінюється в залежності від кута розміщення площин акустичних каналів θ , а отже й від орієнтації місцевого опору «90° коліно» в горизонтальній площині.

Отримані результати пропонуються для застосування під час проектування УЗВ та дослідження їх роботи в умовах спотвореної структури потоку.

Ключові слова: багатоканальні ультразвукові витратоміри, числовий метод інтегрування, вагова функція, функції швидкості Salami, профіль потоку, акустичний канал.

УДК 681.121

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ГАЗА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Кротевиц В. А., Кротевиц В. В.
ООО «ДП Укргазтех», г. Киев, Украина*

В современных вычислительных комплексах коммерческого учета газа по сути исчезла операция аттестации измерительных каналов ввиду того, что во всех этих приборах применяются прецизионные датчики с технически совершенными «цифровыми» интерфейсами.

К такой комплектации сенсоров можно условно отнести также ультразвуковые счетчики, которые имеют цифровой интерфейс для считывания информации о количестве и расходе природного газа в рабочих условиях.

Также повышение точности измерительных каналов обеспечивается совершенствованием измерительных преобразователей расхода (механических счетчиков), дополненных электронными узлами считывания. Такие средства измерения разработаны ОАО «Промприбор» (г. Ивано-Франковск) и ООО «ДП Укргазтех» Эти счетчики также позволяют считывать информацию по цифровому интерфейсу с тактом не более 1 с.

Фактически пришло время говорить об индивидуальной поверке каждого датчика с цифровым интерфейсом и получении комплексной оценки точности вычислительного комплекса расчетным путем, так как погрешность расчета объемов газа в вычислителе не превышает 0,02 % (относительно расчета объемов по эталонной программе).

Таким образом, вычислительные комплексы, в состав которых входят приборы с цифровыми интерфейсами, значительно проще в поверке и имеют более высокую точность определения такого комплексного параметра, как объем газа и при этом в них можно сделать единый такт измерения, например 1 с.

Еще одно достоинство таких комплексов – практически исключение влияний на погрешность измерения температуры окружающей среды, так как современные сенсоры имеют достаточно эффективную внутреннюю температурную коррекцию.

Из вышеприведенного можно было бы сделать вывод о возможном достижении высокой точности измерения, когда основные и дублирующие узлы должны будут показывать практически одинаковые измеренные объемы.

В натуральных условиях на практике достигнуть такого подобия не удастся в следствии следующих проблем:

- вычислители разных производителей имеют отличия в тактах вычислений;
- не все датчики дифференциального давления обеспечивают компенсацию погрешности от подаваемого давления;
- отличие по значению динамической погрешности датчиков разных производителей, которую можно выявлять, только устанавливая их в дублирующих узлах учета.

Что касается первой проблемы, то согласно Приказа Министерства топлива и энергетики Украины «Об утверждении Правил учета природного газа во время его транспортировки газораспределительными сетями, поставки и потребления №618 от 27 декабря 2005 года, такт вычисления не должен превышать 1,5 с и те вычислители, которые не соответствуют этому требованию, должны исключаться из коммерческого учета.

Вторая проблема для диафрагменного метода решается двумя путями. В первом случае выбираются датчики дифференциального давления со

встроенным сенсором для корректировки изменения значений перепада давления от приложенного. В качестве такого сенсора можно рекомендовать датчик ПМЗ ООО «ДП Укргазтех». Во втором случае коррекцию значений дифференциального давления от приложенного давления должен выполнять вычислитель, имеющий в своем составе отдельные датчики давления и датчик разности давления. Такие функции реализуются вычислительным комплексом с датчиками, например «Флоутек ТМ».

Третья проблема относится к организационной. Ее решение заключается в том, чтобы при внедрении новых датчиков не ограничивались результатами их поверки в статических условиях, а осуществляли дополнительные динамические испытания путем сравнения двух вычислительных комплексов с проверенными ранее и с новыми датчиками.

Ключевые слова: прецизионные датчики, цифровой интерфейс, такт 1 с, точность измерения, раздельная поверка.

УДК 004:681.121

АТЕСТАЦІЯ АЛГОРИТМІВ РОБОТИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ОБ'ЄМУ ГАЗУ

Кузь М. В., Андрейко В. М.

*Івано-Франківський університет права імені Короля Данила Галицького,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Лічильники газу, починаючи від типорозміру G16, експлуатуються в складі вимірювального комплексу, до якого входять електронні коректори об'єму газу, які приводять виміряні лічильниками об'єми газу до стандартних умов. Однак, повірка вимірювального комплексу здійснюється поелементно: окремо лічильник, окремо коректор. Відповідно до існуючих методик атестації та повірки електронних коректорів об'єму газу здійснюється визначення та контроль метрологічних характеристик тільки вимірювальних каналів тиску, температури і кількості імпульсів з лічильника газу, що не дає можливості перевірити алгоритм роботи програмного забезпечення обчислювальних компонентів коректорів.

Авторами даної роботи запропоноване патенто захищене конструктивне рішення повірочної установки для здійснення метрологічного контролю вимірювальних комплексів об'єму газу. Відповідно до патенту на винахід засіб збору та обробки інформації, яка надходить з лічильника газу, що повіряється, обладнаний електронним пристроєм переривання сигналу, що поступає з лічильника газу до електронного коректора об'єму газу, при надходженні стартового та стопового біту від засобу керування роботою повірочної установки. Він дозволяє на час проходження контрольного об'єму повітря через лічильник, що повіряється, включати електронний коректор об'єму газу для вимірювання тиску та температури повітря в лічильнику та кількості імпульсів

з лічильника, що пропорційна величині контрольного об'єму, пропущеного через лічильник. Одночасна повірка лічильника газу та електронного коректора об'єму газу забезпечить можливість перевірки алгоритму роботи програмного забезпечення вимірювального комплексу.

Оскільки повірка вимірювальних комплексів, на даний час, проводиться поелементно, то чинними нормативними документами дозволяється формувати вимірювальні комплекси з різних лічильників та коректорів, здійснювати заміну коректора об'єму газу без заміни лічильника газу в складі вимірювального комплексу. При умові експлуатації вимірювального комплексу як єдиного засобу вимірювань, є можливість алгоритмізації обчислень програми на основі градувальної характеристики конкретного лічильника газу, що входить до складу комплексу, та оцінки похибки алгоритму.

Ключові слова: вимірювальний комплекс, лічильник газу, електронний коректор об'єму газу, алгоритм роботи програмного забезпечення.

УДК 658.56:536.66

ОБЛІК ПРИРОДНИХ ГАЗІВ ЗА ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ЦІННІСТЮ

Крук І. С.

Філія «Виробниче ремонтно-технічне підприємство «Уккгазэнергосервіс» ПАТ «Укртрансгаз», м. Київ, Україна

Енергетичну цінність (калорійність) природних газів визначають за його компонентним складом, який виражають молярними частками, за значеннями яких розраховують фізико-хімічні показники (ФХП) природних газів. Основним недоліком при цьому є відсутність класифікації газів за енергетичним вмістом, які надходять у газотранспортну систему України від основного постачальника ВАТ “Газпром” через вхідні газовимірювальні станції, а також із різних газових і газоконденсатних родовищ газовидобувної галузі України.

Сьогодні природний газ оцінюють не як джерело енергії, а вимірюють об'єми газів у робочих умовах із подальшим перерахунком у об'ємні витрати газу за стандартних умов, не враховуючи наявних у ньому водяних парів (або парів інших присутніх у газі рідин).

В умовах неперервного підвищення світових цін на газ щороку актуальнішими стають вимоги до його якості як енергоносія та необхідність урахування його енергетичної цінності при встановленні ціни на нього, а також заміна принципів при розрахунках за спожитий газ із врахуванням вимірних значень теплоти згоряння, замість усталеної тенденції за вимірними об'ємами чи об'ємними витратами газу, враховуючи нарешті європейський досвід переходу на розрахунки за енергетичною цінністю природних газів.

У більшості європейських країн основною якісною характеристикою газу є індекс (число) Воббе, який характеризує калорійність і відносну густину

природного газу. Згідно з чинним стандартом ISO 13686:1998 природні гази розділені за індексом (числом) Воббе на дві групи (два сорти): H – та L – гази. Діапазони числових значень індекса (числа) Воббе становлять для: H – газу – 48,36...57,87 МДж/м³; L – газу – 41,28 ... 47,38 МДж/м³. У своєю чергою, групи поділяються на підгрупи, згідно з якими встановлюють ціни на гази для побутових споживачів. Наприклад, в Німеччині природний газ групи H поділяють на підгрупи E та ES , а газ групи L – на підгрупи EI та LL , у Франції таких підгруп є вісім – $E1...E4$ та $L1...L4$.

Отже, питання розроблення методики визначення енергетичної цінності природного газу з урахуванням його компонентного складу, фізико-хімічних властивостей та впливу вологості є надзвичайно актуальним. Крім того, немаловажним є створення класифікатора баз даних природних газів за значеннями індексу (числа) Воббе чи теплоти згоряння.

Ключові слова: природний газ, енергетична цінність, об’ємна витрата газу за стандартних умов, теплота згоряння, індекс (число) Воббе.

УДК 621.643.8

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПІД ЧАС АВАРІЙ ГАЗОПРОВОДІВ

Матіко Ф. Д., Стасюк І. Д., Кожушко О. В.

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

Природний газ постачається до промислових та побутових споживачів розгалуженою мережею транспортних та розподільних газопроводів, протяжність яких становить тисячі кілометрів. Внаслідок дії техногенних та природних факторів відбуваються пошкодження газопроводів та виникає потреба визначення об’єму газу, втраченого через пошкодження. У діючих в Україні нормативних документах з визначення виробничо-технологічних втрат природного газу немає методики визначення об’єму втрат газу внаслідок пошкоджень газопроводів, тому розроблення математичних моделей витікання газу під час аварій на газопроводах є актуальним завданням.

Для моделювання процесу витікання газу через отвори у газопроводах можуть бути застосовані відомі рівняння витікання газу через отвори із великих резервуарів. При цьому виникають завдання визначення коефіцієнта витікання через отвори неправильної форми та визначення параметрів газу у місці пошкодження газопроводу.

Авторами поставлено завдання визначити максимальний об’єм витоку через пошкодження газопроводу, що дозволили застосувати значення коефіцієнтів витікання отворів правильної форми, отримані багатьма дослідниками експериментальним шляхом. Крім того, авторами уточнені експериментальним

шляхом значення коефіцієнта витікання для витікання газу при низькому тиску ($P < 500 \text{ кгс/м}^2$).

Для визначення розподілу тиску газу по довжині газопроводу розроблено математичну модель руху природного газу у газопроводі. Модель має форму системи диференціальних рівнянь зміни тиску та температури газу вздовж газопроводу доповнену рівнянням стану реального газу.

Застосовуючи отримані математичні моделі авторами розроблено такий алгоритм визначення об'єму газу, втраченого через пошкодження газопроводу: а) локалізація пошкодження та визначення його параметрів (віддалі від станцій вимірювання параметрів газу, площі пошкодження); б) обчислення значень параметрів газу (тиску, температури) у точці витікання; в) обчислення витрати газу через пошкодження та об'єму витоку. Залежно від конфігурації пошкодженої ділянки мережі та набору вимірюваних параметрів на станціях, алгоритм розв'язування моделі може бути ітераційним або безітераційним.

Застосування розроблених математичних моделей та алгоритмів розрахунку втрат дозволяє визначити максимальне значення об'єму втрат газу під час аварій на довгих ділянках газопроводів.

Ключові слова: втрати газу, пошкодження газопроводів, математична модель, розподіл параметрів газу, алгоритм розрахунку.

УДК 681.121

ВУЗОЛ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З РОЗШИРЕНИМ ДІАПАЗОНОМ ВИМІРЮВАННЯ ТА ЕЛЕМЕНТАМИ САМОДІАГНОСТИКИ

¹⁾Власюк Я. М., ²⁾Ясак О. С.

¹⁾Національна акціонерна компанія «Нафтогаз України», м. Київ;

²⁾СП «Радміртех», м. Київ, Україна

Впроваджено ряд вузлів обліку природного газу (ВОГ) на базі вимірювальних комплексів, які працюють паралельно.

Завдяки паралельній роботі витратовимірювальних комплексів можлива реалізація функції самодіагностики. А саме:

- при проведенні налагоджувальних робіт проводиться зняття характерних змін параметрів вимірювання (тиск, температура, витрата по кожному комплексу) в залежності від зміни загальної витрати;
- відслідковується в реальному масштабі часу нехарактерних відхилень по кожному параметру під час функціонування ВОГ.

Проведено дослідження нормальної роботи паралельно встановлених комплексів. Аналіз результатів досліджень показує наступні закономірності:

- відхилення зміни витрати газу двох комплексів складає при стабільному газопостачанні 3-5%, при перехідних процесах – 12-15%;
- відхилення значень температури і тиску не перевищує значення похибки первинних перетворювачів.

Переваги ВОГ з використанням паралельно працюючих витратовимірювальних комплексів в порівнянні з традиційними однакової витрати наступні: менша похибка; спрощена процедура повірки (по черзі без припинення газопостачання); розширений діапазон вимірювання; покращена надійність функціонування; можливість проведення самодіагностики в реальному масштабі часу; менша вартість та вага.

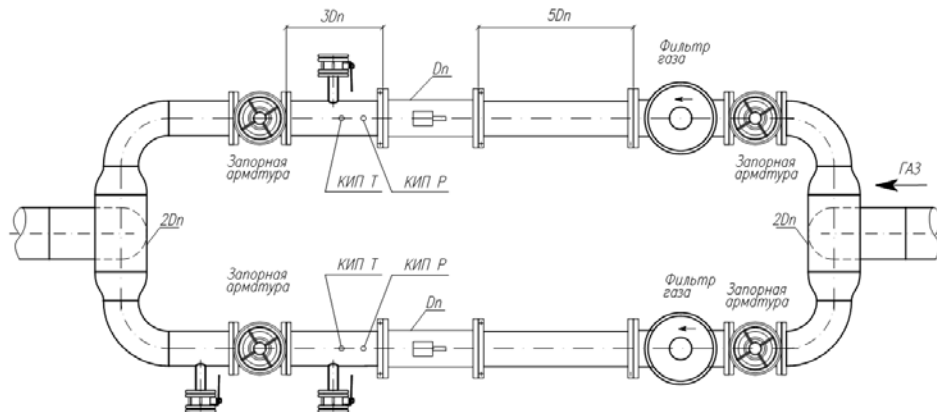


Рис. 1. Схема вимірювальної ділянки з двома КВТ. Вид зверху

Ключові слова: природний газ, вузол обліку, розширений діапазон вимірювання.

УДК 681.121.84

ТЕПЛООБМІН МІЖ ГІЛЬЗОЮ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧА ТА СТІНКОЮ ТРУБОПРОВОДУ В СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Федоришин Р. М., Демчишин І. Б.

Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна

У системах обліку природного газу часто мають місце умови, коли є значна різниця температур між потоком газу та навколишнім повітрям. В таких умовах відбуваються теплообмінні процеси, які приводять до виникнення додаткових систематичних похибок вимірювання температури потоку газу. Однією з них є похибка, зумовлена теплообміном між гільзою термоперетворювача та стінкою трубопроводу (ΔT_T). У результаті виконаних досліджень встановлено, що величина цієї похибки залежить від таких факторів, як різниця температур газу та навколишнього повітря, витрата і тиск (густина) газу в трубопроводі, товщина стінки гільзи термоперетворювача та глибина занурення термоперетворювача в трубопровід.

Виконано аналіз експериментальних досліджень похибки ΔT_T , які були проведені в компанії TransCanada PipeLines Limited на установці високого тиску з природним газом. Опис експериментальних досліджень наведено у [1]. Здійснено розрахунок похибки ΔT_T для умов експериментальної установки та

виконано порівняння розрахункових значень із експериментальними значеннями. У результаті порівняння встановлено, що розрахункові значення похибки ΔT_T близькі до відповідних експериментальних значень. Максимальне відносне відхилення розрахункових значень від експериментальних значень не перевищує 6%.

Досліджено вплив похибки вимірювання температури потоку газу на точність вимірювання витрати та об'єму природного газу. На основі виконаних розрахунків встановлено, що абсолютна похибка вимірювання температури потоку газу $\Delta T = +1$ °С для системи обліку високого тиску (6100 кПа) на базі лічильника газу приводить до виникнення відносної методичної похибки вимірювання об'єму газу рівної $\delta_V = -0,54\%$, а для системи обліку зі стандартною діафрагмою в тих самих умовах роботи ця методична похибка є приблизно у два рази меншою і становить $\delta_V = -0,26\%$.

Для зменшення похибки ΔT_T та підвищення точності обліку природного газу рекомендується встановлення теплоізоляції на трубопроводі системи вимірювання витрати, встановлення термоперетворювача безпосередньо в потік газу без захисної гільзи із використанням теплоізоляційної вставки (для систем обліку з тиском газу до 100 кПа), а також застосування захисної гільзи термоперетворювача спеціальної конструкції.

Література

1. R. McBrien and J. Geerligs. Effect of low flow and extreme ambient conditions on thermowell performance // Proc. of 8th ISFFM, June 20-22, 2012, pp.1-9, Colorado Springs, Colorado, USA.

Ключові слова: вимірювання, природний газ, теплообмін, гільза, термоперетворювач, стінка трубопроводу, температура.

УДК 681.121

УЛЬРАЗВУКОВОЙ РАСХОДОМЕР ALTOSONIC V12 ДЛЯ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ПРИРОДНОГО ГАЗА

Белоблоцкий А. Р.

Представництво КАНЕКС Кроне Анлаген Експорт ГмбХ, г. Киев, Україна

В последние годы тема природного газа, как энергетического ресурса, звучит во всем мире все чаще и чаще, поэтому компания KROHNE обратила свое внимание на задачу учета природного газа при его транспортировке и потреблении. Современная жизнь поднимает планку требований к качеству и точности измерений, поэтому лидирующие позиции в учете природного газа занимают ультразвуковые расходомеры. Современные ультразвуковые расходомеры проводят достаточно точные измерения чистых газов с симметричным профилем потока. Но вот что можно сказать о достоверности, точности измерений, долговременной стабильности и надежности в реальных условиях? Например, как влияют на показания расходомера изменение профиля

потока или возникновение отложения на внутренних поверхностях расходомера?

Ответ на эти вопросы дает одна из последних разработок KROHNE – ультразвуковой расходомер для коммерческого учета природного газа ALTOSONIC V12.

В расходомере ALTOSONIC V12, где впервые применена система с использованием комбинации параллельных лучей и техники отражения, благодаря которой устанавливается новый стандарт для ультразвуковых расходомеров газа. В ALTOSONIC V12 используется десять параллельных измерительных лучей в пяти плоскостях и два луча отражения, что приводит к минимизации влияния формы профиля потока газа на точность измерения и позволяет получить доступ к дополнительным диагностическим функциям. Одна из таких функций, например, сигнализирует о накоплении отложений на внутренней стенке расходомера. Конструкция сенсоров способствует их самоочищению, а замена сенсора может быть произведена без остановки транспортировки газа.

Как известно, для подтверждения класса точности все расходомеры проходят процедуру поверки на специальных установках. Такая поверка производится в условиях, приближенных к идеальным, при симметричном профиле потока. При работе расходомера в реальных условиях, происходит отклонение профиля потока от симметричного, вызванное реальной топологией трубы, что приводит к увеличению погрешности измерения. Для учета влияния реальных условий на величину погрешности OIML (Международная Организация законодательной метрологии), были разработаны нормы R137. Один из параграфов этих норм регламентирует класс расходомера, в зависимости от влияния реальных условий на погрешность измерения. В соответствии с данной классификацией, ALTOSONIC V12 является, в настоящее время, единственным в мире ультразвуковым расходомером газа, который имеет класс 0.5. Для этого класса дополнительная погрешность для реальных условий должна быть не выше 0,17%. Для сравнения, расходомеры класса 1.0 имеют дополнительную погрешность до 0,33%.

Основные технические характеристики ALTOSONIC V12:

Типоразмеры: от DN100 до DN1600

Погрешность измерения: $\pm 0,5\%$ в соответствии с OIML R137-1.

Неопределенность погрешности расходомера относительно погрешности калибрационного стенда:

- при градуировке и поверке на природном газе на рабочих давлениях: $\pm 0,2\%$
- при градуировке и поверке на природном газе на рабочих давлениях и линеаризации: $\pm 0,1\%$

Диапазон допустимых давлений: до 450 бар

ALTOSONIC V12 предназначается, в первую очередь, для применения в качестве средства коммерческого учета:

- на магістральних газопроводах;
- для підземних хранилищ газу;
- для крупних промислових потребителів газу.

Ключевые слова: ультразвуковой расходомер, коммерческий учет, природный газ, KROHNE.

УДК 681.121.7

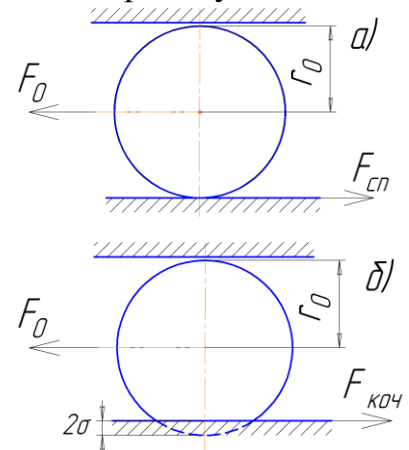
РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЧУТЛИВОСТІ МІРНОГО ЕЛЕМЕНТУ ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВИТРАТИ ГАЗУ

Мануляк І. З., Мельничук С. І.

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

Реалізація систем обліку газових середовищ в основному ґрунтується на використанні лічильників з чутливим елементом. При експлуатації такого лічильника (патент №97780 від 12.03.2012) верхня межа вимірювання буде визначатися максимальною витратою газу. А нижня межа – чутливістю приладу, тобто мінімальною кількістю газу, яка необхідна для того, щоб переміщувався мірний елемент. Для запропонованого методу, після того, як сила динамічного тиску газового середовища F_0 на сферичну мітку перевищить силу тертя спокою, мірний елемент в перший момент ковзне, а потім почне котитися, оскільки це є більш енергетично вигідно для системи. Зважаючи на те, що час зміни ковзання на кочення буде відносно малим, то для спрощення моделі режим ковзання при розрахунку мінімальної витрати не враховується.

Якщо розглянути сили, які діятимуть на мірний елемент в момент спокою (рис. а), то мінімальна витрата газового середовища (повітря) $Q_{\min 1}$, що зможе привести в рух сферичну мітку, долаючи силу тертя спокою F_{cn} , буде розраховуватися за формулою 1. Відповідно сили, що будуть діяти на мірний елемент в момент подолання сили тертя кочення, яка є меншою за тертя спокою, подано на рис. б. Здійснивши відповідні перетворення, отримаємо вираз 2, за яким можна оцінити величину витрати газового середовища $Q_{\min 2}$, при якій буде підтримуватись переміщення (кочення) $F_{коч}$ мірного елемента:



$$Q_{\min 1} = \pi r_0^3 \sqrt{\frac{5}{3} \frac{\mu_{\text{спокою}} \rho_m g}{C_x \rho}} \quad (1),$$

$$Q_{\min 2} = \pi r_0^3 \sqrt{\frac{5}{3} \frac{\delta \rho_m g}{r_0 C_x \rho}} \quad (2),$$

де r_0 – радіус мітки, ρ_m – густина матеріалу для сферичної мітки, C_x – коефіцієнт, значення якого залежить від числа Рейнольдса, ρ – густина вимірюваного середовища, δ – коефіцієнт тертя кочення.

З метою перевірки адекватності представлених описів проведено розрахунки, за якими $Q_{\min 1} = 0,005 \text{ м}^3 / \text{год}$ і $Q_{\min 2} = 0,003 \text{ м}^3 / \text{год}$ відповідно. Порівнявши їх з експериментальним значенням $Q_{\min} = 0,01 \text{ м}^3 / \text{год}$, можна зробити висновок, що такі величини є цілком прийнятними для застосування. Основна причина відмінностей результатів пов’язана з неможливістю виготовлення ідеально сферичного мірного елемента.

Ключові слова: модель, чутливість, витрата, первинний перетворювач.

УДК 681.121:006.91

МЕТРОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРЦІАЛЬНОГО ВИТРАТОМІРА

Малісевич В. В., Середюк О. Є.

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

Останнім часом все більш актуальним стає завдання визначення енергетичних характеристик природного газу при його обліку, наприклад, за допомогою парціального витратоміра [1]. Він дає змогу опосередковано визначати енергетичну цінність об’єму або об’ємної витрати природного газу з врахуванням його теплофізичних властивостей.

Дослідження похибки парціального витратоміра здійснено на базі алгоритму його функціонування [1], який описує математичну залежність вихідного сигналу (електричної напруги U) як багатопараметричної функції:

$$U = f(\lambda_A, c_p, \mu, \rho, \nu, I, R_C, T, p), \quad (1)$$

де λ_A , c_p , μ , ρ – теплопровідність, теплоємність, динамічна в’язкість і густина природного газу відповідно; ν – локальна швидкість потоку газу; I – сила електричного струму через термоанемометричний перетворювач; R_C – опір термоанемометричного перетворювача витратоміра за стандартних умов; T , p – температура та абсолютний тиск вимірюваного робочого середовища.

Похибка витратоміра складається з основної $\delta_{осн}$ та додаткових. Останні формують складові похибки від непостійності температури δ_T і тиску δ_p робочого середовища. Тому вираз для похибки δ витратоміра можна записати:

$$\delta = \delta_{\hat{m}} + \delta_p + \delta_T. \quad (2)$$

Складові похибки визначаються таким алгоритмом:

$$\delta_{\hat{m}} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial U}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2} / \bar{U}, \quad \delta_p = \frac{\partial U}{\partial p} \Delta p, \quad \delta_T = \frac{\partial U}{\partial T} \Delta T, \quad (3)$$

де Δx_i , Δp , ΔT – абсолютні похибки визначення параметрів x_i , p і T .

Вагові коефіцієнти в (3) визначаються частковим диференціюванням (1) для попередньо визначених середніх значень відповідних параметрів. Шляхом чисельного моделювання встановлені закономірності їх зміни.

Абсолютна похибка визначення теплофізичних параметрів, які входять в (1), розраховувалася опосередкованим методом на базі математичних моделей для їх визначення, а інших параметрів – з врахуванням метрологічних характеристик давачів, які входять до складу витратоміра.

Моделювання похибки витратоміра показало, що основна похибка в діапазоні швидкостей 0,5 – 2,0 м/с не перевищує $\pm 2,5$ %, а додаткова – ± 1 %.

Література

1. Малісевич В. В. Контроль метрологічних характеристик лічильників газу з урахуванням якісних параметрів робочого середовища / В. В. Малісевич, О. Є. Середюк // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2013. – №74. – С. 158 – 163.

Ключові слова: парціальний витратомір, природний газ, похибка.

УДК 681.121.84

АНАЛІЗ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ НЕСТАЦІОНАРНОГО ПОТОКУ ВИТРАТОМІРАМИ ЗМІННОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКУ

Костик І. В., Матіко Ф. Д.

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

Зростання вартості енергоносіїв ставить завдання їх економії, раціонального використання та зменшення енергозатратності. Економія енергоносіїв можлива тільки при їх точному та надійному обліку.

Одними із найбільш поширених у промислових вимірюваннях є витратоміри змінного перепаду тиску. Дуже часто вони працюють в умовах із змінними параметрами потоку, що призводить до виникнення значних додаткових похибок вимірювання витрати та кількості.

Зокрема, наявність пульсацій потоку призводить до виникнення додаткових невизначеностей внаслідок:

- нелінійності залежності $q(\tau)=f(\Delta p(\tau))$ та усереднення значень кореня квадратного із перепаду тиску;
- неврахування зміни перепаду тиску внаслідок дії місцевого прискорення;
- зміни коефіцієнта витікання пристрою звуження потоку ;
- дії акустичних та резонансних явищ у вимірювальному трубопроводі та імпульсних трубках.

Авторами проведено ряд досліджень, за результатами яких можна ілюструвати значення названих додаткових невизначеностей таким чином:

- за умови відносної дисперсії сигналу перепаду тиску $\hat{\sigma}^2(\Delta P) = 0,0685$ (частка одиниці) похибка вимірювання витрати внаслідок усереднення кореня квадратного із Δp становить 0,86% ;
- внаслідок виникнення резонансних явищ у пневматичних лініях амплітуда коливань перепаду тиску може бути підсилена; резонансна частота таких пневматичних ліній може змінюватися в діапазоні від 5 до 800 Гц, тобто резонанс може бути викликаний різними джерелами у технологічному обладнанні та трубопроводах.

Авторами також застосовано методику додатку Ж ДСТУ ГОСТ 8.586.5:2009 для окремого витратоміра та встановлено, що для умов нестационарного потоку газу, для якого відносна середньоквадратична амплітуда пульсацій перепаду тиску $\tilde{\Delta p}_s = 0,431$, сума додаткових складників невизначеності вимірюваного значення витрати газу становить 2,63%.

Із отриманих результатів видно, що додаткові складові невизначеності вимірюваного значення витрати зумовлені нестационарним (пульсуючим) режимом потоку, можуть перевищувати основну складову, а отже їх врахування є необхідним для підвищення точності вимірювання витрати.

Ключові слова: метод змінного перепаду тиску, нестационарний потік, додаткові складники невизначеності, методика визначення.

УДК 681.121

МАЛОІНЕРЦІЙНІ ГАЗОДИНАМІЧНІ МІКРОВИТРАТОМІРИ ГАЗІВ І ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ

Дебрянська Р. І., Стасюк І. Д.

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

У системах автоматизації установок з виробництва волоконних світловодів та елементів мікроелектроніки для стабілізації газових потоків застосовують газодинамічні дросельні мікровитратоміри (ГДМВ) газів і газових сумішей [1], до точності вимірювання яких ставлять високі вимоги. Особливого значення надають їх динамічним характеристикам (стала часу мікровитратомірів кисню у виробництві заготовок волоконних світловодів не повинна перевищувати декількох секунд). Такі мікровитратоміри можна застосовувати також для контролю і оцінювання мікровтрат природного газу в газових мережах. Динамічні характеристики ГДМВ визначаються як об'ємами пневматичних камер газодинамічного дросельного вимірювального перетворювача витрати (ГДВПВ), так і динамічними характеристиками дифманометричного вимірювального перетворювача різниці тисків (дифманометра) у міждросельних пневматичних камерах ГДВПВ.

Для промислових вимірювань різниці тисків переважно застосовують деформаційні мембранні дифманометри з електромеханічними

вимірювальними перетворювачами переміщення мембрани в електричний сигнал, які характеризуються значною інерційністю внаслідок великої маси їх рухомих механічних елементів. Це призводить до виникнення динамічної складової похибки вимірювання мікровитрат газів і газових сумішей.

В даній роботі запропоновано застосовувати в ГДМВ газів і газових сумішей деформаційні лазерні мембранні дифманометри (ДЛМД) [2], які є практично безінерційними.

У розробленому ДЛМД, крім генератора когерентного монохроматичного вузьконапрявленого випромінювання - напівпровідникового лазера, наявні також послідовно встановлені і оптично зв'язані з ним оптична система, формувач світлового пучка, відбиваюча лазерний промінь дзеркальна поверхня, двокоординатний фотоприймач відбитого променя, та підсилювач блока опрацювання сигналів.

Застосування таких ДЛМД у ГДМВ дозволить зменшити динамічну складову похибки вимірювання мікровитрат і, в результаті, підвищити точність вимірювання і стабілізації мікровитрат газів і газових сумішей.

Література

1. А. С. № 1278584 (СССР). Устройство для измерения малых расходов // Е.П.Пистун, И.Д.Стасюк. - Бюл. № 47, 1986.
2. Патент № 28794 Україна, МПК G 01 L 13/00. Пристрій для вимірювання малої пульсуючої різниці тисків // Дебрянська Р. І., Сікора Л. С., Стасюк І. Д. - Бюл. № 21, 2007.

Ключові слова: мікровитрата, газ, дифманометр, інерційність.

УДК 621.18

РЕАЛИЗАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СЖИГАНИЯ ГАЗА С ДОБАВЛЕНИЕМ ВОДЯНОГО ПАРА В БЫТОВОМ ВОДОГРЕЙНОМ КОТЛЕ

Сухобрус М. А., Заболотный А. В.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
г. Харьков, Украина*

Одним из способов подавления образования оксидов азота при сжигании природного газа является добавление водяного пара в зону горения. Известно, что термические оксиды азота образуются в зоне максимальных температур факела, причем, их образование существенно лишь в некотором температурном интервале – температурной ступеньке. Суть данного метода заключена в следующем: вводимая влага снижает максимальную температуру факела и перекрывает интервал температур, в котором образуется основная масса оксидов азота. Кроме того, вводимый в топку водяной пар, обладая высокой (по сравнению с воздухом) теплоемкостью улучшает процесс теплообмена в топке, что в теории означает возможность экономии топлива. Данный факт можно проверить практически и в тех условиях, где можно и целесообразно озвученный метод внедрить.

Для этого был проведен поисковый эксперимент по нахождению полезного эффекта от добавления водяного пара в топку бытового газового водогрейного котла и оптимальных пропорций пара/воздуха/газа. Лабораторный стенд включает в себя газовую колонку «Протон - 3» (номинальная теплопроизводительность 17 кВт), доработанную трубкой подачи пара от парогенератора, мощность которого можно регулировать. Пар, как и газовая струя, подается вертикально вверх. Водяной контур создан с помощью вихревого насоса, который перегоняет воду с одинаковой мощностью. Расход газа оценивается по манометру. В ходе эксперимента были выбраны несколько режимов расхода газа, на каждый из которых накладывались разные пропорции подаваемого пара. Основной оцениваемый параметр – время нагрева воды на выходе из котла от 60°C до 80°C. Выходные данные говорят о том, что полезный эффект от добавления влаги получен и позволяет снизить время нагрева воды вплоть до 25%, однако наблюдается не на всех режимах работы котла, имеет явно выраженные пиковые точки, т.е. зависит от пропорций подаваемого пара и газа.

Для оценки степени доверия к полученным данным была проведена оценка достоверности результатов исследования. Зная погрешности встроенного в колонку термометра, газового манометра и отклонения напора воды от номинала насоса, была выведена общая погрешность времени нагрева воды. Погрешность составила 9%, что значит, результатам можно доверять.

Ключевые слова: газовый водогрейный котел, водяной пар, поисковый эксперимент, оксид азота, экономия.

УДК 681.21

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЗВОНОВОГО ПРУВЕРА

Рак А. М.

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

Дзвоніві прувери набули широкого застосування для метрологічного забезпечення лічильників і витратомірів газу, що обумовило їх значне використання в якості робочих еталонів. Класична конструкція дзвонного прувера складається з двох циліндричних резервуарів, один з яких нерухомий та заповнений затворною рідиною, а інший – дзвін, що через систему підвісу опускається відкритим перерізом в затворну рідину, створюючи тим самим потік газу. Система підвісу дзвону повинна забезпечувати рівномірний рух дзвонного мірника, компенсацію сили Архімеда, пропорційно його зануренню, контроль величини переміщення, тощо.

Основним джерелом похибок дзвонового пружера є похибки визначення



геометричних параметрів мірника, похибки, що виникають внаслідок дії механічних та гідродинамічних сил опору, а також неточності компенсації виштовхувальної сили, діючої на мірник при його зануренні, та зміна рівня затворної рідини, що виникає внаслідок цього. Одним з найважливіших аспектів є контроль величини переміщення дзвону.

З метою автоматизації досліджень дзвоновим пружером, направлених на поліпшення невизначеності результатів вимірювання, на базі ДП «Укрметртестстандарт» створено принципово нову конструкцію дзвонового пружера, що позбавлена багатьох недоліків класичної зразкової установки. Переміщення дзвонового мірника здійснюється по двох напрямних з використанням прецизійних лінійних підшипників.

Для забезпечення позиціонування мірника використовується високоточний гвинтовий привід з векторнокерованим серводвигуном. Таке рішення дозволило нівелювати вплив виштовхувальної сили в процесі вимірювання. Компенсація зміни рівня затворної рідини відбувається за принципом сполучених посудин завдяки каліброваній противазі. Для відстежування переміщення мірника використовується високоточна оптична лінійка з похибкою не більше $1 \cdot 10^{-5}$ м. Новостворена установка також обладнана сучасним комплексом контролю параметрів робочого середовища.

Ключові слова: газ, дзвоновий пружер, автоматизація, вимірювання витрати.

УДК 620.179.1

ВІБРАЦІЙНА ДІАГНОСТИКА – ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГПА

Бурбела Ю. Б.

*Філія «Виробниче ремонтно-технічне підприємство «Укггаз енергосервіс»
ПАТ «Укртрансгаз», м. Київ, Україна*

Для забезпечення належного рівня експлуатації обладнання необхідна технічна діагностика, метою якої є виявлення відмов і несправностей на ранніх стадіях їх розвитку.

Основними напрямками розвитку обладнання системи транспорту газу залишаються: підвищення ефективності та надійності, ремонтпридатності, контролепридатності та збільшення ресурсу роботи.

Контроль і діагностика дозволяють вирішити проблему енергозбереження за рахунок підвищення ефективності та надійності обладнання, що залежать від режимів роботи, технічного стану обладнання. Роль діагностики все більше зростає для ГПА із значним терміном експлуатації.

Необхідність переходу до експлуатації агрегатів по фактичному технічному стану існує багато років, але так і не знайшла повного впровадження. Існує необхідність створення комплексної системи контролю та діагностики кожного агрегату, що дозволить скоротити витрати на ремонт агрегатів в середньому на 20-30%, збільшити міжремонтний ресурс ГПА до 30%, скоротити витрати газу на власні потреби КС на 5 - 10 %.

У більшості випадків спостереження за процесом зміни робочих параметрів технічної системи ведеться не від початку її експлуатації, тому діагноз встановлюється по безпосередньому прояву несправності та дослідження може здійснюватися в умовах обмеженої інформації про попередні стани об'єкта. Для певного виду механічних пристроїв (підшипників кочення, ковзання, зубчастих передач, роторних груп і т.д.) виділені найбільш типові несправності, наявність яких досить точно встановлюється за допомогою неруйнівних методів контролю. Цю інформацію отримують: у результаті розрахунків при проектуванні агрегатів, на підставі теоретичних досліджень, стендових випробувань окремих блоків і пристроїв у штучно створених несприятливих умовах.

База даних постійно поповнюється, оскільки сучасні засоби вимірювань та реєстрації ознак, притаманних тим чи іншим дефектам, дозволяють проводити більш ефективний аналіз причин порушень функціонування як всього агрегату в цілому, так і окремих його елементів, що робить досить відчутний вплив на зниження обсягів витрат на обслуговування та ремонт. Тому, обґрунтована й оперативна оцінка технічного стану ГПА за допомогою вібраційної діагностики має важливе інформаційне значення для успішного вирішення поточних завдань і прогнозування залишкового ресурсу роботи системи.

Ключові слова: діагностика, ГПА, вібрація, неруйнівний контроль.

УДК 681.121

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ПРЕЦИЗІЙНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Беляєва А. В.

ПрАТ «Інком», м. Київ, Україна

Питання енергозбереження однаково актуальні як для існуючих, так і для ново проєктованих систем прецизійного кондиціонування повітря. Сучасні

технології дозволяють забезпечити високий рівень енергоефективності таких систем за рахунок оснащення додатковими енергозберігаючими режимами роботи та більш ефективно працюючими комплектуючими.

З точки зору споживання електроенергії найбільш витратними інженерними системами як побутового, так і технічного призначення є системи кондиціонування повітря. Їх енергоспоживання може досягати 50-60% від загальної корисної потужності, тому цілком зрозуміло, що при проектуванні саме цих систем таку велику увагу приділяють енергоефективності.

Якщо система кондиціонування повітря застосовується круглий рік, з точки зору енергозбереження важливо враховувати такі умови роботи. Режим «природного охолодження» (фрікулінга) дозволяє значно скорочувати енергоспоживання при низьких температурах зовнішнього повітря.

Суттєво зменшити енерговитрати дозволяє плавне регулювання холодопродуктивності за рахунок використання технологій з інверторними компресорами, електронних ТРВ та ЕС-вентиляторів. Використання компресорів з інверторним регулюванням у прецизійних кондиціонерах дозволяє більш точно і швидко регулювати холодопродуктивність залежно від поточного теплового навантаження в обслуговуваному приміщенні, а також, знизити рівень шуму та усунути проблеми високих пускових струмів при запуску кондиціонера. Електронний ТРВ дозволяє досягти високого ККД за рахунок регулювання температури конденсації. Застосування ЕС-вентиляторів забезпечує експоненціальне зниження споживання енергії в режимі часткового навантаження.

Однією останніх технічних новин в галузі компресійного обладнання холодильних машин є турбокомпресори. Застосування холодильного обладнання з турбокомпресорами підвищує енергоефективність системи охолодження, тому що стиснення холодоагенту в турбокомпресорі відбувається зі свідомо більшим ККД, а також в підшипниках відсутнє тертя, що дозволяє відмовитися і від масла. Ефективність і адаптованість турбокомпресорів до зміни теплового навантаження забезпечується частотним регулюванням.

Застосування в якості джерела енергозабезпечення в систем прецизійного кондиціонування відновлювані джерела енергії, дає можливість автономної роботи систем кондиціонування та скорочення емісії CO₂.

Поєднання новітніх технологій з високою енергоефективністю, надійністю та захистом навколишнього середовища є пріоритетними напрямками при проектуванні сучасних систем прецизійного кондиціонування та виробництві відповідного обладнання.

Ключові слова: енергоефективність, прецизійне кондиціонування, природне охолодження.

УДК 681.518.3:662.758.2

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ РІДКОГО КОТЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Кутя В. М.

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Основними видами палива для котлоагрегатів, що працюють на рідкому паливі, є мазут, водно-мазутні емульсії, побутове пічне паливо, дизельне паливо та водовугільні суспензії. Ефективність процесів спалювання таких палив значною мірою залежить від їх фізико-хімічних показників та процесів паливопідготовки.

Вимоги до характеристик, що визначають якість котельного палива, встановлюються діючими стандартами, зокрема "Технічним регламентом щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив". Одними з таких характеристик є в'язкість і густина. Значення цих величин впливають на дисперсність розпилювання палива форсунками, а, отже, й інтенсивність паливного факелу. При цьому слід враховувати, що для кожного типу форсунок існує своє оптимальне значення кінематичної в'язкості, яке забезпечує найбільш ефективне розпилювання струменя палива і повноту його згоряння у камері. Кінематична в'язкість палива також впливає на гідравлічний опір при перекачуванні по трубопроводах. Тому доцільним є розроблення і впровадження технічних засобів для контролю в'язкості і густини палива.

Розроблено інформаційно-вимірнювальну систему (ІВС) контролю кінематичної в'язкості і густини котельного палива, принцип роботи якої базується на гідродинамічному методі вимірювання. Основним чутливим елементом системи є дросельний мостовий перетворювач, що представляє собою мостову схему перехресно з'єднаних двох ламінарних та двох турбулентних гідравлічних дроселів. Геометричні розміри дроселів розраховуються в залежності від діапазону вимірювання кінематичної в'язкості.

Пропонована система є комп'ютерно-інтегрованою та реалізована на сучасних технічних засобах. Перевагами розробленої ІВС є: неперервне й оперативне вимірювання кінематичної в'язкості і густини палива; зручне візуальне представлення отриманої інформації; накопичення та архівування часової послідовності зміни параметрів досліджуваних палив; можливість інтегрування розробленої системи в автоматизовані системи управління технологічними процесами вищого рівня.

Застосування розробленої ІВС контролю параметрів рідких котельних палив дасть можливість підвищити техніко-економічні показники процесу їх підготовки до згоряння в теплоагрегатах шляхом автоматичного пошуку оптимального значення кінематичної в'язкості та стабілізації цієї величини.

Ключові слова: рідке котельне паливо, в'язкість, густина, інформаційно-вимірнювальна система.

УДК 681.12

ОПЫТ ПОВЕРКИ КВАРТИРНЫХ СЧЁТЧИКОВ ВОДЫ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

¹⁾Кузьменко Ю. В., ¹⁾Гаврилкин М. В., ¹⁾Зайцева Е. А., ¹⁾Пасечник С. В., ²⁾Лабунский В. С.,
³⁾Колосова Л. В.

¹⁾ГП «Укрметртестстандарт», г. Киев, Украина, ²⁾НПП «Центр энергоучёта и энергосбережения», г. Киев, Украина, ³⁾КП «Дирекция по управлению и обслуживанию жилищного фонда» Деснянского района, г. Киев, Украина

Реформирование жилищно-коммунального хозяйства порождает необходимость учёта всех энергоресурсов (газ, электроэнергия, холодная и горячая вода, тепло), которые поставляются жителям. Растёт заинтересованность и самих жителей квартир и частных домов в учёте потреблённых ресурсов.

Счётчики воды применяются при измерениях в сфере государственного метрологического надзора, поэтому в процессе эксплуатации они подлежат периодической поверке.

Поверка счётчиков воды до недавнего времени производилась, как правило, на стационарных проливных установках. Применяемые в ограниченных масштабах переносные поверочные установки не всегда обеспечивали требуемые при поверке значения расхода и стабильность потока воды, а также имели недостаточную производительность.

В настоящее время в Госреестр Украины внесена установка проливная АС-П производства «НПП «Центр Энергоучёта», г. Киев, предназначенная для проведения поверки квартирных счётчиков воды на месте эксплуатации.

Поверка счётчиков воды производится в автоматическом режиме, позволяющем производить:

- идентификацию счётчика воды;
- сохранение результатов измерений в памяти штатного планшета и резервной копии в энергонезависимой памяти установки;
- обеспечение мероприятий по исключению несанкционированного вмешательства в результаты измерений;
- обеспечение передачи данных из памяти планшета и (или) из памяти установки непосредственно или по телекоммуникационным каналам.

Стабильность расхода автоматически отслеживается и фиксируется контроллером установки в процессе настройки и измерения. Фиксация значений объёма воды, прошедшей через поверяемый счётчик, производится с помощью видеокамеры. Управление началом и окончанием измерений осуществляется с помощью контроллера установки.

С помощью установок АС-П в Киеве поверено более 6000 единиц счётчиков холодной и горячей воды.

Ключевые слова: учёт ресурсов, квартирные счётчики холодной и горячей воды, поверка.

УДК 681.121

ВИВЧЕННЯ ПОХИБКИ ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Писарець А. В.

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

Одною з основних метрологічних характеристик приладів обліку витрати та кількості рідин і газів є похибка вимірювання.

Похибка турбінних перетворювачів витрати (ТПВ) визначається шляхом порівняння реальної та ідеальної частот обертання чутливого елемента (ЧЕ) [1]

$$\Delta n = \frac{n_{i\partial} - n_p}{n_{i\partial}} 100, \quad (1)$$

де n_p – реальна частота обертання ЧЕ ТПВ (з урахуванням опорів обертання); $n_{i\partial}$ – ідеальна частота обертання ЧЕ (за відсутності опорів обертання).

Ідеальна частота обертання ЧЕ за витрати Q з врахуванням протікання рідини крізь радіальний зазор між ЧЕ та внутрішньою поверхнею корпусу, яка не взаємодіє з ЧЕ, визначається у припущенні, що потік вимірюваної рідини є плоским з рівномірним за перерізом розподілом швидкості, без якихось граничних шарів та завихрювань

$$n_{i\partial} = \frac{Q - q}{S_{\mathcal{E}} H}, \quad (2)$$

де q – протічки потоку крізь радіальний зазор; $S_{\mathcal{E}}$ – площа живого перерізу потоку в зоні ЧЕ; H – хід гвинтових поверхонь, що утворюють лопаті турбінки;.

Реальна частота обертання ЧЕ відрізняється від ідеальної через низку обставин, а саме: наявність моментів в'язкого тертя рідини о поверхню ЧЕ, наявність тертя в опорах ЧЕ, приєднані маси рідини на ЧЕ, що захоплюються при його русі.

Реальна частота обертання ЧЕ визначається розв'язанням диференціального рівняння обертального руху ЧЕ ТПВ [2].

У доповіді представлено результати проведених за допомогою розробленого програмного продукту [3, 4] досліджень впливу конструктивних параметрів ТПВ на похибку приладу, які дозволили виявити геометричні параметри вимірювальної камери перетворювача, що мають найбільший вплив на похибку вимірювань, а саме: кут встановлення лопатей, втулкеві відношення, кількість лопатей, осьова довжина турбінки; та оцінити вплив фізичних властивостей вимірюваного потоку на вказану характеристику перетворювача витрати.

Література

1. Бошняк Л. Л. Измерения при теплотехнических исследованиях. – Л.: Машиностроение, 1974. – 448 с.
2. Коробко І. В. Турбінні преобразователи расхода с уравновешенным ротором / І. В. Коробко, А. В. Писарець // Промышленная теплотехника. – 2006. – №4. – С. 84 – 89.
3. Писарець А. В. Програмний комплекс для дослідження роботи турбінних перетворювачів витрати / А. В. Писарець, І. В. Коробко // ХІV міжнародна науково-технічна конференція

«Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». Севастополь , 23-25 червня 2013 р. – С. 128.

4. Писарець А. В. Система проектування турбінних перетворювачів витрати // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2013. – Вип. 46. – С. 126 – 133.

Ключові слова: турбінний перетворювач витрати, метрологічні характеристики, похибка вимірювання.

УДК 681.121

СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Писарець А. В.

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

Одним з етапів математичного моделювання роботи будь-якого засобу вимірювальної техніки є експериментальні дослідження його роботи з метою: перевірки адекватності результатів математичного моделювання експериментальним даним; оцінки та аналізу дійсних похибок; оцінки та аналізу впливу конструктивних параметрів приладу на його метрологічні характеристики;

При проведенні експериментальних досліджень турбінних перетворювачів витрати (ТПВ) з гідродинамічним врівноважуванням чутливого елемента (ЧЕ) здійснювалася оцінка кількості його обертів та величини осьового переміщення. Для цього було розроблено електронний безконтактний вторинний перетворювач (ВП).

Сенсором ВП є котушка індуктивності, нерухомо закріплена в передньому обтікачі ТПВ. Котушка входить до складу коливального контуру, процес коливань в якому контролюється за допомогою мікроконтролера. Принцип дії створеного ВП базується на ефекті зміни часу затухання коливань в коливальному контурі при внесенні до електромагнітного поля котушки сталеві пластини. На торцях лопатей ЧЕ встановлюються сталеві пластини спеціальної форми. Кількість обертів ЧЕ, його осьове переміщення та напрямок обертання визначаються порівнянням часу затухання коливань, що виникають в коливальному контурі без впливу пластини, та при її внесенні.

За результатами проведених випробувань підтверджено запропонований принцип вимірювання, отримано градувальну характеристику ВП, яка свідчить про те, що при наближенні ЧЕ до вторинного перетворювача час затухання сигналу зменшується.

Використовуючи розроблений ВП, проведено вимірювання частоти обертання ЧЕ та його осьового переміщення для п'яти ТПВ за різних витрат вимірюваного середовища, що дозволило:

- дослідити характер зміни осьового переміщення ЧЕ у діапазоні зміни витрати вимірюваного середовища;

- побудувати градувальні характеристики досліджуваних приладів;
- оцінити похибку вимірювання.

Результати вимірювань підтвердили гідродинамічне врівноважування ЧЕ в осьовому напрямі.

Ключові слова: турбінний перетворювач витрати, врівноважування чутливого елемента, осьове переміщення, вторинний перетворювач.

УДК 681.121

ОЦІНЮВАННЯ НЕОДНОРІДНОСТІ ПОТОКУ РІДИНИ В ТЕХНОЛОГІЧНІЙ МАГІСТРАЛІ

Коробко І. В.

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

Дієве енергозбереження стає можливим тільки за створення ефективної системи виміру і контролю витрати в технологічних мережах. Особливість моменту полягає у необхідності обліку витрати енергоносіїв з різною динамікою їх протікання – від сталих ламінарних потоків до нестационарних стохастичних тривалістю у долі секунди. Все це обумовлює жорсткі рамки метрологічних характеристик приладів і систем, вимоги універсальності і надійності роботи, максимальної інваріантності до впливу негативних чинників кінематичної і силової природи.

В доповіді викладені результати досліджень гідродинамічних особливостей плинних потоків рідини у вимірювальній магістралі. При цьому акцентована увага на характер гідродинамічних процесів, які проходять при рухові рідини по вимірювальним ділянкам в процесі визначення її витрати та кількості, з врахуванням місцевих гідравлічних опорів, які мають місце при створенні вузлів вимірювання витрати.

При дослідженні гідродинамічних характеристик потоків рідин та газів показана ефективність застосування сучасних інформаційних *CFD-технологій* віртуального моделювання в середовищі *ANSYS FLUENT*. Для оцінювання величини неоднорідності потоків розроблені критерії: геометричний, енергетичний, профілю, асиметрії, турбулентності та максимального кута завихрення.

За розробленими критеріями оцінювання величини неоднорідності потоків рідини визначені ступені асиметрії потоків рідини при наявності у вимірювальній ділянці локальних гідравлічних опорів різної просторової конфігурації

Ключові слова: вимірювання, витрата, неоднорідність потоків, гідравлічні опори.

УДК 681.121

ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Коваленко В. А.

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

Головна увага, при проектуванні чутливих елементів (ЧЕ) вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ) з високими метрологічними характеристиками, приділяється досконалості їх геометричних параметрів.

Мета проектування зводиться до вибору оптимального варіанту елементів конструкції з множини можливих. Це забезпечує ефективне функціонування засобу вимірювання. Базисною основою системи проектування приладів є математичні моделі перетворювачів, які описують процес взаємодії вимірюваного середовища з ЧЕ конструкції. Вихідними даними при формуванні математичної моделі ЧЕ є параметри, що визначають його форму. Оптимізуючи ці параметри, визначаються такі його геометричні параметри, які забезпечують екстремум цільової функції при виконанні міцнісних обмежень приладу та обмежень по похибці вимірювання витрати.

Алгоритм геометричної оптимізації ЧЕ ВПВ включає в собі:

а) створення геометричної моделі. Це система співвідношень, що описують форму ЧЕ ВПВ. Вибір геометричних характеристик ЧЕ є дуже відповідальною задачею при створенні геометричної моделі, оскільки на даному етапі вирішується дуже важлива задача – положення про необхідну різноманітність. Оскільки кількість параметрів форми повинна бути такою, щоб відображати наочні геометричні характеристики ЧЕ ВПВ;

б) модель потоку вимірюваного середовища в проточній частині ВПВ. Ця модель включає в себе систему алгебраїчних і нелінійних диференціальних рівнянь, що описують рух потоку рідини в зоні ЧЕ ВПВ;

в) модель системи формування критеріїв якості. Це система співвідношень при проектуванні ЧЕ, що забезпечують виконання вимог, які пред'являються до ВПВ паливно-енергетичних ресурсів та води. А саме: висока точність, надійність, швидкодія, широкий діапазон вимірювання і т.д.;

г) модель формування обмежень. Це обмеження, які визначаються умовами використання лічильника.

Отже процес проектування геометрично досконалих ЧЕ ВПВ є складною задачею, в якій досліджуються різні форми ЧЕ і їх вплив на потік вимірюваного середовища. Даний процес зводиться до забезпечення високих метрологічних характеристик приладу при різноманітних умовах роботи приладу та різного характеру потоку вимірюваного середовища.

Ключові слова: вимірювальний перетворювач витрат, геометричні параметри.

УДК 681.121

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ВИТРАТОМІРІВ ГАЗУ НА БАЗІ ТРУБИ ВЕНТУРИ

Артеменко О. О.

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

Дефіцит паливно-енергетичних ресурсів спричиняє необхідність створення ефективної системи енергозбереження шляхом підвищення точності вимірювання їх витрати. Стан обліку енергоносіїв насамперед визначається технічною базою, зокрема наявністю відповідних високоточних технічних засобів вимірювання.

На даний час одним з основних методів обліку природного газу, при його видобуванні, транспортуванні та споживанні, є метод змінного перепаду тиску із стандартними пристроями звуження потоку. Це обумовлюється їх дешевизною, простотою конструкції, високими точністю та надійністю, можливістю використання практично за будь-яких тисків та температур. Одним з недоліків перетворювачів витрати змінного перепаду тиску є їх малий діапазон вимірювання, низькі динамічні показники, втрата тиску та інше. На швидкодію таких приладів найбільший вплив мають запізнення в передачі тиску через імпульсні трубки від камери усереднення звужуючого пристрою до камер диференційних манометрів, як наслідок запізнення передачі тиску – суттєві похибки в роботі пневматичних і вимірювальних систем.

Для підвищення динамічних характеристик перетворювачів витрати зі звужуючими пристроями, пропонується використання комбінованих конструкцій з розміщенням диференційного манометра безпосередньо на корпусі трубки Вентури. При цьому імпульсні трубки передачі тиску відсутні, що забезпечує значне підвищення чутливості, динамічної якості та надійності в роботі, а отже, підвищує точність вимірювання витрати та об'ємної кількості природного газу за різних динамічних характеристик його плинину.

Ключові слова: вимірювання витрати газу, звужуючий пристрій, динамічні характеристики.

УДК 681.121

ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ЛОКАЛЬНОГО І ПРОСТОРОВОГО РОЗМІЩЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ НА ПРОТЯЖНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МЕРЕЖІ

Коробко І. В., Рак А. М.

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

Галузева практика потребує суттєвого підвищення точності реєстрації

витрати та кількості рідин і газів. Надпроблемою в цьому контексті постає побудова такої системи проектування перетворювачів, яка б створила умови для комплексного розв'язання проблеми створення досконалих сучасних вимірювальних систем з високими метрологічними показниками. В свою чергу, це передбачає побудову досконаліших розрахункових схем, які б описували взаємодію плинних потоків з елементами конструкції приладів, здійснення щораз точніших розрахунків з огляду на непрості динамічні властивості вимірювальних потоків і перетворювача, особливостей структури проєктованих засобів. Оскільки перетворювачі взаємодіють з вимірюваним середовищем, для тестування їх метрологічних характеристик необхідно вирішувати задачі впливу на точність просторового розподілу градієнта швидкості руху потоку та побудови системи вимірювання витрати, яка була б нечутливою до профілю потоків, з одного боку, і з врахувала б картину течії середовища у трубопроводах і вимірювальних камерах перетворювачів різних класів – з іншого.

В доповіді наведені результати математичного та чисельного моделювань, поряд зі стендовими випробуваннями, локального розміщення приладів на технологічній мережі за умов максимальної точності і мінімальної дії на вимірюване середовище. Це створює можливість ефективно застосовувати перетворювачі без огляду на вимоги обов'язкового забезпечення прямих ділянок до і після приладів а в місцях на технологічній мережі з врахуванням конкретних натурних умов організації вимірювання.

Ключові слова: вимірювання, витрата, перетворювачів, точність.

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АСИМЕТРІЇ ПОТОКУ НА ТОЧНІСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Волинська Я. В.

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

При вимірюванні витрати та кількості рідини в трубопроводах, внаслідок місцевих гідравлічних опорів, мають місце потужні просторові неоднорідності турбулентних потоків, які суттєво впливають на метрологічні характеристики вимірювальних перетворювачів витрати. Для вирівнювання профілів швидкості перед і після приладу, відповідно технічних вимог, при його монтажі необхідно забезпечувати прямолінійні ділянки. Це викликано значним впливом неоднорідності потоків рідини, які індукуються місцевими гідравлічними опорами, на метрологічні характеристики перетворювача. В натурних умовах експлуатації засобів вимірювання витрати рідини складно забезпечити необхідні величини прямих ділянок на протяжності вимірювальної магістралі, що вносить надзвичайно велику додаткову похибку вимірювання. Виходячи з

цього, необхідно визначити реальні параметри векторного поля швидкостей в різних поперечних перетинах потоків, а також оцінити ступінь впливу неоднорідності потоку на роботу витратомірів.

Для визначення кількісної характеристики ступеня асиметрії потоку вимірюваного середовища була розроблена методика визначення моменту розсіяння імпульсу потоку (енергетична оцінка), який характеризує гідродинамічну картину потоку в досліджуваних поперечних перерізах вимірювальної камери.

Для практичного підтвердження розробленої методики були проведені стендові дослідження впливу асиметрії потоку на роботу ультразвукових перетворювачів витрати рідини. Результати досліджень так само дозволяють визначити найбільш підходящі місця локального розміщення приладів на вимірювальній ділянці з точки зору мінімізації їх похибок.

В доповіді висвітлені результати експериментальних досліджень впливу асиметрії профілю швидкостей потоку рідини в циліндричному трубопроводі при вимірюванні її витрати та кількості ультразвуковим методом. Проведено аналіз взаємозв'язку моменту розсіяння імпульсу потоку та похибки ультразвукових вимірювальних перетворювачів.

Ключові слова: витрата, неоднорідність потоків, вимірювання, похибки.