

СЕКЦІЯ 8
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ В
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

УДК 681.12/18

МЕТРОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Кузьменко Ю.В., ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ, Україна

Одним з важливих завдань народного господарства має стати зниження затрат на виробництво одиниці продукції. Економічною основою здійснення цього процесу є енергоресурсозбереження.

Одним з методів досягнення мети енергозбереження є впровадження приладного обліку та регулювання споживання теплоти, води та газу, організація взаєморозрахунків за споживання ресурсів за показами приладів.

Приладний облік дозволяє створити економічний механізм, який стимулює процес енергоресурсозбереження, удосконалює системи тарифів.

Однак широке впровадження приладів обліку обмежується недостатнім фінансуванням.

В цих умовах першочергове значення набуває вибір пріоритетних об'єктів та заходів з енергоресурсозбереження, які дають найбільший ефект, а саме: вибір та оптимізація номенклатури технічних засобів (приладів обліку, регулювання, засобів метрологічного забезпечення, засобів оперативного збору та обробки інформації та диспетчеризації тощо), оцінка необхідних обсягів; визначення необхідності у зміні схем тепло- та водопостачання для здійснення приладного обліку, зокрема поквартирного; визначення оптимальної черговості виконання робіт з урахуванням техніко-економічних можливостей регіону.

Першочерговою є задача оснащення приладами вузлів обліку на границях розділу сфер відповідальності між джерелами тепло-, водопостачання та постачальниками, а також між постачальниками та споживачами.

Доцільно застосовувати всі технічні та економічні можливості для створення автоматизованих систем оперативно-диспетчерського керування обліком та споживанням енергоресурсів та води з використанням сучасних засобів комунікації, телеметрії та комп'ютеризації.

При виборі конкретних приладів необхідно ураховувати те, що значною складовою затрат на експлуатацію приладів є затрати на їх періодичну повірку. Обсяг цих затрат визначається тривалістю міжповірочного інтервалу та доступністю засобів повірки.

Схеми організації обліку мають розроблятися для всіх рівнів споживання – житловий район, будинок, квартира. У всіх випадках необхідно намагатись мінімізувати парк приладів обліку та скоротити їх номенклатуру.

Однією з перспективних форм обслуговуючих організацій є білінгові компанії, які беруть на себе монтаж, наладку та експлуатацію приладів обліку, збір даних для розрахунків із споживачем.

Ключові слова: техніко-організаційні заходи з енергозбереження, прилади обліку, метрологічне забезпечення.

УДК 681.121

СУЧАСНИЙ СТАН НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБЛІКУ ПЛИННИХ ЕНЕРГОНОСІЇВ

Пістун Є.П., Лесовой Л.В., Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», м. Львів, Україна

Нормативне забезпечення обліку плинних енергоносіїв поряд із технічним, метрологічним та кадровим забезпеченням визначають його сучасний стан та перспективи розвитку, зокрема точність та надійність обліку.

Для вимірювання витрати та кількості плинних енергоносіїв в основному застосовуються витратоміри змінного перепаду тиску, тахометричні та ультразвукові лічильники.

За останні роки була проведена велика робота щодо вдосконалення нормативної бази обліку енергоносіїв, однак – в основному лише для методу змінного перепаду тиску. Розроблено комплекс нових міждержавних стандартів ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2005 та ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2009 (розроблений взамін стандарту ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2007). Наказом Держспоживстандарту України № 486 від 30.12.2009 року стандарт ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2009 введений в дію з 01.04.2010 року.

Для спрощення впровадження нових стандартів, перевірки діючих витратомірів на відповідність їх вимогам, перерахунку та проектування витратомірів під ці вимоги, розроблена система автоматизованого розрахунку і проектування витратомірів змінного перепаду тиску – САПР «Расход-РУ» (версія 2). В цій версії САПР враховані відмінності ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2009 від ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2007.

Слід відзначити, що для виконання технічної експертизи (аудиту) вузлів обліку плинних енергоносіїв, що здійснюється за методом змінного перепаду тиску, на предмет їх відповідності вимогам ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2009, крім відповідних методик, а такі на сьогодні вже розроблені, необхідно мати також відповідно підготовлений інженерно-технічний персонал.

В доповіді розглянуто й інші проблеми впровадження цих нових нормативних документів.

Потребує суттєвого покращення нормативна база обліку плинних енергоносіїв за допомогою лічильників. Лічильники енергоносіїв за останні роки суттєво вдосконалювались. Однак, і тут залишилось ряд невирішених проблем. Це наявна на сьогодні невизначеність із додатковими складовими

похибок вимірювання, які значно зменшують точність обліку. В доповіді класифіковано і проаналізовано ці складові похибок.

Впровадження нових нормативних документів забезпечує підвищення точності обліку енергоносіїв.

Ключові слова: облік енергоносіїв, нормативна база обліку, похибки вимірювань, витратоміри змінного перепаду тиску, лічильники.

УДК 681.325

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ ПРИ ФОРМУВАННІ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ В ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ

*Козленко М.І. Приватний вищий навчальний заклад "Галицька академія",
м. Івано-Франківськ, Україна*

Успішна побудова сучасних інформаційно-вимірювальних систем значною мірою залежить від якості каналів обміну даними в таких системах. Широке використання бездротових технологій при побудові розподілених інформаційно-вимірювальних систем в енергозбереженні, які функціонують в умовах інтенсивних завад техногенного походження, визначає необхідність застосування широкосмугових сигналів. При формуванні широкосмугових сигналів має місце нерівномірність розподілу енергії сигналу за частотами. Традиційні методи формування широкосмугових сигналів характеризуються різною і, як правило, невисокою ефективністю використання частотного ресурсу. Тому існує необхідність створення нових методів та засобів формування широкосмугових сигналів з покращеними частотними характеристиками.

Проведено дослідження ефективності використання смуги частот для найбільш поширених методів формування широкосмугових сигналів. Для кількісної оцінки використано коефіцієнт $K_{\text{эф.вик.}}$, який показує відношення енергії досліджуваного сигналу до можливої енергії сигналу в разі, якщо б його спектральна щільність енергії була рівномірною, а її рівень дорівнював би максимальному значенню щільності енергії досліджуваного сигналу.

Отримані коефіцієнти для різних типів сигналів подано в таблиці 1.

Таблиця 1 - Коефіцієнти ефективності використання частотного ресурсу

Тип сигналу	FM	MC	FHSS	DSSS	Змінна ентропія
$K_{\text{эф.вик.}}$	0,704	0,4	0,62	0,26	0,81

Як відомо, усі позитивні якості широкосмугових сигналів проявляються тим виразніше, чим рівномірнішим є розподіл їх енергії за частотами. Отже, слід очікувати покращення характеристик якості обміну даними в інформаційно-

вимірювальних системах саме для випадку застосування сигналів зі змінною ентропією. Формування таких сигналів ґрунтується на використанні повністю випадкових широкосмугових шумоподібних сигналів, ентропія розподілу яких поставлена у відповідність до символів повідомлення, що передається. Це забезпечує високу якість, надійність та стабільність обміну даними і є простим з погляду апаратної та програмної складності реалізації.

Ключові слова: широкосмугові сигнали, частотний ресурс, ентропія.

УДК 621.315.592

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗНОСУ ТА ЗАМІНИ ОБЛАДНАННЯ

Рябуха Є.О., Яганов П.О., Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Ефективність використання основних виробничих фондів визначає головні показники економічної діяльності підприємства. Оцінка стану обладнання та встановлення терміну його заміни є важливим при прийнятті рішень щодо нових інвестицій в модернізацію виробництва. Розв’язок проблем, пов’язаних з управлінням процесами зносу та заміни обладнання, невіддільний від впровадження нових систем підтримки і прийняття рішень (СППР).

СППР – досить поширені інформаційні системи, які можна визначити як інтерактивні комп’ютерні системи, призначені для підтримки різних видів діяльності під час прийняття рішень. За допомогою цих систем розв’язують багатофакторну оптимізаційну задачу, використовуючи математичний апарат регресійного аналізу, дискретної оптимізації, динамічного програмування тощо.

Розроблена комп’ютерна система прийняття рішення по оцінці зносу та заміни обладнання. Система обробляє дані про поточний стан обладнання, визначає витрати на його утримання, ліквідаційну вартість, оптимальний термін заміни. Функціонує в режимі радника, відображаючи на панелі користувача процеси зміни ринкової вартості обладнання, витрат на його утримання та експлуатацію, поверхню станів багатофакторної функції реалізації обладнання, оптимальний момент модернізації. Для визначення коефіцієнтів багатофакторної поліноміальної функції, яка моделює процес зносу та заміни обладнання, використано метод регресійного аналізу.

Система реалізована у програмному середовищі LabVIEW на базі технологічних рішень National Instruments. Обмін даними між системою та об’єктом моніторингу може бути здійснено за допомогою інтерфейсу USB через аналогово-цифровий перетворювач USB-6008, або за допомогою створення віртуального СОМ-порту. Тоді можливості системи розширюються за рахунок використання бездротових технологій, наприклад, Wi-Fi, Bluetooth.

Конфігурація розробленої системи легко адаптується до інших класів оптимізаційних задач, які є актуальними для управління підприємством. Зокрема, до них належать задачі управління запасами, оптимізації виробничих

програм в умовах обмежених запасів сировини, транспортні задачі тощо. Тому представлена розробка може розглядатися як підсистема складної системи підтримки і прийняття рішень.

Ключові слова: знос та заміна обладнання, система підтримки і прийняття рішень.

УДК 658.26

ВИКОНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРИКЛАДІ ОБЛЕНЕРГО

¹Праховник А.В., ¹Прокопенко В.В., ²Калінчик В.П., ²Кульбачний П.В.,
¹ІЕЕ НТУУ “КПІ”, ²НДІ “Енергія” НТУУ “КПІ”

Для потреб обленерго автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) може створюватися як інформаційно-вимірювальна система, основне призначення якої – достовірне визначення обсягів та здійснення автоматизованого обліку власного споживання електроенергії, а також перетоків електроенергії з суб'єктами Оптового ринку електроенергії (ОРЕ) – результати якого повинні використовуватися для проведення відповідних фінансових розрахунків за спожиту електроенергію із ОРЕ. АСКОЕ повинна ґрунтуватися на застосуванні новітніх технологій, які дозволяють обленерго ефективно реагувати на будь-які вимоги ОРЕ.

АСКОЕ обленерго повинно створюватися з метою виконання вимог нормативних документів включаючи усі нормативно-технічні документи ДП „Енергоринок” та рішення Ради ОРЕ щодо обліку електричної енергії, у тому числі і щодо погодинного обліку електроенергії на межі балансової належності мереж обленерго із суб'єктами ОРЕ; зниження технологічних втрат електроенергії за рахунок підвищення точності обліку електричної енергії та одержання інформації, що дозволяє локалізувати понаднормативні втрати і виконувати аналіз технологічних втрат електричної енергії у мережах; 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 обленерго, тощо.

Постачання електроенергії для обленерго здійснюється через підстанції електроенергетичної системи ДП НЕК „Укренерго”.

Обленерго має перетоки електричної енергії з сусідніми ліцензіатами із передачі, постачання і виробництва електроенергії - суб'єктами ОРЕ України.

Програмно-технічні засоби АСКОЕ обленерго утворюють два рівня, верхній і нижній. Кожен із рівнів ієрархії побудовано на основі уніфікованих програмно-технічних засобів, з орієнтацією на використання сучасного мікропроцесорного обладнання та обчислювальної техніки. Рівні ієрархії поєднуються між собою локальними засобами передачі даних, засобами

телекомунікації та локальною комп'ютерною мережею, а також засобами телекомунікації із підсистемами суб'єктів ОРЕ.

АСКОЕ обленерго забезпечує збирання інформації з усіх розрахункових точок обліку електроенергії, розташованих на об'єктах обліку обленерго, та розрахункових точках обліку на підстанціях суміжних суб'єктів ОРЕ.

АСКОЕ обленерго забезпечує можливість фізичного розширення на всіх рівнях.

Ключові слова: автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ), перетоки електроенергії, технологічні втрати.

УДК 658.26

ОРГАНІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ПІДСТАНЦІЇ

*Калінчик В.П., Шиянов О.О., Дегтярьов О.В., Кульбачний П.В.,
НДІ “Енергія” НТУУ “КПІ”, м. Київ, Україна*

Програмно-технічні засоби автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) утворюють два рівня, до складу яких входять:

- а) нижній рівень АСКОЕ (НР), до якого відносяться:
 - рівень точок обліку електроенергії (РТО)
 - рівень об'єктів обліку електроенергії (РОО);
- б) верхній рівень АСКОЕ (ВР), до якого відносяться:
 - рівень центрального пункту АСКОЕ (РЦП);
 - рівень автоматизованих робочих місць АСКОЕ (АРМ).

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

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

До складу програмно-технічних засобів обліку нижнього рівня входять:

- а) рівень точок обліку (ТН, ТС, лічильники);
- б) комплекс технічних засобів «Енергія WEB» (КТЗ);
- в) комунікаційне обладнання;
- г) кабельні лінії.

Окрім електронних, багатфункціональних лічильників, на підстанції можуть бути встановлені електронні лічильники, які мають тільки імпульсний вихід, або індукційні лічильники, заміна яких економічно недоцільна, але інформація про споживання з яких використовується при розрахунку балансів по підстанції. В такому разі, в ці лічильники вмонтовується перетворювач обертів диска лічильника в електричні імпульси (датчики) типу УП-3М.

Основним компонентом комплексу технічних засобів «Енергія WEB» є мікросервер Itek-WEB. Мікросервер Itek-WEB призначений для забезпечення

зв'язку й узгодження інтерфейсів між багатофункціональними лічильниками й сервером БД, а також самостійного опитування лічильників і зберігання результатів опитування у вбудованій енергонезалежній пам'яті.

Мікросервер Itek-WEB побудовано на базі промислового варіанту процесора Intel 186. Має інтерфейс Ethernet 10/100 Mb і підтримує протоколи TCP/IP та UDP. КТЗ «Енергія WEB» комплектується також джерелом безперервного живлення Itek-UPS, яке забезпечує автономну роботу обладнання КТЗ на протязі 12 годин.

Ключові слова: автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ), лічильники електроенергії, рівні АСКОЕ, мікросервер ITEK-web.

УДК 621.3.01

ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ НЕРІВНОМІРНОСТІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

*Денисюк С.П., Самелюк О.Г., Інститут енергозбереження та енергоменеджмента
НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна*

Широке застосування різноманітних типів перетворювачів електроенергії в системах електроживлення зумовлює погіршення показників якості електроенергії та, як наслідок, значні рівні втрат електроенергії, погіршення стану електромагнітної сумісності елементів системи електроживлення. В системах електроживлення з перетворювачами електроенергії останнім часом спостерігається збільшення кількості різноманітних споживачів електроенергії, які погіршують окремі показники якості електроенергії.

Основними задачами дослідження мають бути: особливості системи з перетворювачами електроенергії; опис впливу вищих гармонік на засоби вимірювання електричної потужності; аналіз структури додаткових втрат електроенергії; алгоритми аналізу додаткових втрат та оцінки взаємного впливу; алгоритми оцінки похибки вимірювання лічильника.

Вплив наявності вищих гармонік та несиметрії напруги на прилади вимірювання потужності та обліку електроенергії приводить до суттєвого зростання похибки результатів їх вимірювання. Існуюче нормативно-методичне забезпечення обліку електроенергії не достатньо повно враховує процеси, які відбуваються в електричних мережах з перетворювачами електроенергії. Проблема спотворення форми напруги $u(t)$ та струму $i(t)$ в електричній мережі, усунення їх негативного впливу є актуальною і потребує комплексного підходу до її розв'язання.

Для ефективного аналізу нерівномірності енергоспоживання в системах електроживлення з перетворювачами електроенергії важливо здійснити: загальний огляд особливостей функціонування систем електроживлення з перетворювачами електроенергії; оцінку зміни окремих параметрів показників

якості електричної енергії в залежності від рівнів спотворення напруги та струму в мережі; розробити алгоритми оцінки похибки вимірювання реактивної потужності, розрахунку характеристик та показників оцінки взаємного впливу; визначення точності вимірювання додаткових втрат електроенергії.

Ключові слова: якість електроенергії, потужність, несинусоїдальність, несиметрія, потужність Фризе, електромагнітна сумісність.

УДК: 621.314.224.8

ОПТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ТРАНСФОРМАТОР СТРУМУ ДЛЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

¹Рибак В.В., ¹Сенаторов М.В., ²Ширшов С.В., ¹КП СПБ «Арсенал», м. Київ, Україна,
²компанія «Хлібсервіс», м. Київ, Україна

Не дивлячись на велику кількість розробок та наукових публікацій по темі оптичних вимірювальних трансформаторів (ОВТ), до теперішнього часу відомі лише окремі випадки їх впровадження на діючих енергетичних об'єктах, що пояснюється високою ціною пропонованого обладнання. Порівняльний аналіз витрат на придбання та експлуатацію ОВТ струму та напруги та їх електромагнітних аналогів визначив економічно виправдану нішу використання ОВТ класом напруг вище 110 кВ.

Більшість сучасних розробок ОВТ струму базується на інтерферометричному методі. Цей метод передбачає передачу фазової інформації про вимірюваний струм по волоконно-оптичній лінії зв'язку – досить дорогому (порядку сотні доларів за метр) одномодовому волокну зі стійкою поляризацією. Довжина лінії зв'язку від оптичного блоку до диспетчерського пункту, де виконується обробка оптичної інформації, може сягати сотні метрів. Ціна цього каналу зв'язку і визначає нижню межу вартості ОВТ. На противагу цьому, при використанні поляриметричного методу необхідно передавати інтенсивність оптичного сигналу, для чого застосовується багатомодове волокно, вартість якого на два порядки менша.

Наші розробки і експериментальні дослідження показали принципову можливість застосування поляриметричного методу при вимірюваннях кута повороту площини поляризації світла в комірці Фарадея, пропорційного миттєвому значенню струму в провіднику, охопленому коміркою. При проведенні експериментів досягнуто значення флуктуаційної похибки вимірювання величини кута повороту площини поляризації порядку одиниць кутових секунд. При цьому динамічний діапазон складає $\approx (1 \div 6) \times 10^5$, що достатньо для створення ОВТ необхідного класу точності для номінальних значень вимірюваного струму від 4 до 1 кА.

Вказаних параметрів вдалось досягнути на об'ємній комірці Фарадея за допомогою спеціальних алгоритмів обробки сигналів, спрямованих на максимальну компенсацію лазерного шуму, акустичних (вібраційних)

перешкод у волоконній лінії зв'язку, зміни енергетичних характеристик джерела та приймачів світла, коефіцієнта пропускання волоконного тракту.

У доповіді розглядаються структура ОВТ, основні алгоритми обробки сигналів і досягнуті результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: оптичний трансформатор струму, комірка Фарадея, поляриметричний метод.

УДК 621.316

МЕТОДИКА ВЫБОРА СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ВИРТУАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ФАКТОРА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Попов В.А., Шишко Т.Ю., Якушев С.В., ИЭЭ НТУУ “КПИ”, г. Киев, Украина

В последние десятилетия в мире наблюдается отход от экстенсивного развития энергетики в пользу активного внедрения генерирующих источников относительно небольшой мощности, в том числе и виртуальных станций. Предлагаемая в работе методика выбора оптимальной структуры и параметров отдельных компонентов указанных станций включает два этапа.

На первом этапе из предварительно заданного перечня и диапазона варьирования мощностей потенциальных генерирующих источников формируются возможные варианты, удовлетворяющие требованию обеспечения суммарной мощности станции. Оценка каждой альтернативы осуществляется на базе группы характеристик экономического (удельные капитальные затраты и издержки), технического (время использования максимума, степень диверсификации источников), социального (сокращение выбросов CO₂) характера.

Анализ альтернатив производится на основе формируемой трехмерной платежной матрицы. Для задания состояний природы применяются, так называемые, ЛП_г последовательности, которые позволяют при ограниченном числе опытов наиболее равномерно исследовать многомерную область варьирования факторов. В этом случае оценки соответствующие критериям Вальда, Лапласа, Сэвиджа, определяемые независимо для каждой группы оценочных характеристик, рассматриваются как отдельные критерии в процедуре многокритериального принятия решений. Для многокритериальной оценки вариантов используется алгоритм Беллмана-Заде, который позволяет равномерно повысить качество решения по всем критериям и гарантирует, что оно будет принадлежать области Парето. Результатом реализации данного этапа является выделение ограниченной группы наиболее перспективных альтернатив.

На втором этапе выбранные варианты решения задачи сравниваются на основании одного из стандартных технико-экономических показателей, например, по величине дисконтированных затрат. При этом неопределенность информации учитывается за счет интервального задания коэффициента

дисконтирования. Окончательное решение принимается в процессе реализации процедуры ранжирования интервальных значений показателей дисконтированных затрат сравниваемых вариантов.

Ключевые слова: виртуальные станции, фактор неопределенности, интервальная математика, теория игр, многокритериальная оптимизация.

УДК 681.121

КОМПЛЕКС ВИМІРЮВАЛЬНИЙ РОТОРНИЙ КВР-1

¹)Онушко В.В., ²)Власюк Я.М., ³)Ярошевич В.М., ¹)ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ, Україна, ²)НАК «Нафтогаз України», м. Київ, Україна, ³)ТОВ «Укргаз-тех», м. Київ, Україна

У спадок від Радянського Союзу границя допустимих відносних похибок вимірювання витрати газу - до 5 %. З 01.01.1997 року ДСТУ 3383-96 - похибка - до 4 %. Враховуючи передовий закордонний досвід, Компанією “Нафтогаз України” розроблено Концепцію створення єдиної системи обліку природного газу, Правила обліку природного газу.

Зокрема Правилами обліку прорегламентовано похибки ЗВТ та ВОГ природного газу. А саме – в основному діапазоні витрат (від 100% до 20 (5)%) похибка лічильника 1% плюс коректора 0.5% (тобто менше 1.5% в широкому діапазоні зміни температури та тиску). До того похибка приведення до стандартних умов (тобто функція коректора) могла складати невизначене значення (врахуйте людський фактор запису в журнал та похибка кожного первинного перетворювача 1%) – тобто 5% (та набагато більше) навіть в основному діапазоні вимірювання. Україна впроваджувала електронні засоби пізніше Європи (за вищого рівня розвитку електроніки). Вимоги до характеристик наших коректорів жорсткіші. За тісної співпраці Компанії “Нафтогаз України” з виробниками коректорів вдалося налагодити випуск коректорів, характеристики яких на багато кращі від закордонних взірців (Слот, Радміртех, Укргазтех та ін.). Ці коректори зберігають свої характеристики в діапазоні темп. навк. серед. від мінус 20 до плюс 30 град С (а то і ширше) при зменшенні тиску до 20% від максимального. Розроблена та впроваджується Методика виконання вимірювань з використанням лічильника газу та коректора об’єму газу.

Київським заводом "Арсенал" разом з харківським СП "Радміртех" розпочато випуск першого вимірювального комплексу КВР-1 на базі роторного лічильника газу GMS та коректора об’єму газу ВЕГА.

Це якісно новий тип приладу, в якому всі первинні перетворювачі знаходяться в одному корпусі і таким чином виконується головна вимога до виконання вимірювань – всі вони здійснюються в одній площині. Крім цього комплекс має наступні переваги: наявність височастотного виходу, який дає змогу отримати миттєве значення витрати; перетворювач температури мало

інерційний і повністю ізольований від впливу навколишнього середовища, що покращує у деяких випадках точність вимірювання об'єму газу до 7 відсотків; динамічний діапазон $q_{\max}: q_{\min}$ складає 250:1; автономне живлення комплексу.

Та головною відмінністю комплексу КВР-1 в частині метрології є те, що він має при випуску з виробництва пронормовані границі допустимої відносної похибки вимірювання об'єму газу за стандартних умов, яка в діапазоні об'ємних витрат $0,05q_{v\max} \leq q_v \leq q_{v\max}$ складає $\pm 1,25\%$, а в діапазоні $q_{v\min} \leq q_v \leq 0,05q_{v\max}$ $\pm 2,25\%$.

Крім того на базі комплексу КВР-1 розроблено та виготовляється контрольний комплекс ЕК-Б, який має додаткові канали вимірювання об'єму, тиску та температури на робочому лічильнику і може застосовуватися для перевірки вузла обліку в робочих умовах.

Ключові слова: вимірювання витрати, природний газ, лічильник, методика виконання вимірювань.

УДК 681.121

СУЧАСНИЙ СТАН ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Середюк Д.О. Державне підприємство «Івано-Франківський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації», м. Івано-Франківськ, Україна

Одним із важливих аспектів підвищення якісного рівня продукції є забезпечення її якісних характеристик, які формуються у відповідних нормативних документах на ці вироби.

Метою роботи є дослідження питання актуальності і практичних аспектів оцінювання відповідності витратовимірювальної техніки для обліку природного газу в Україні.

Згідно чинних нормативних документів на даний час розрізняються поняття «оцінювання відповідності» і «підтвердження відповідності». В роботі проведений аналіз цих понять і сфера їх застосування стосовно витратовимірювальної техніки. Встановлено, що основним нормативно-правовим актом, згідно якого проводиться на даний час оцінювання відповідності в Україні є Технічний регламент (ТР), у якому визначено характеристики продукції або пов'язані з нею процеси чи способи виробництва, дотримання яких є обов'язковим. У ТР викладені суттєві вимоги до засобів вимірювальної техніки, конкретизовані їх типи, відображені деякі нові поняття і терміни, які їх стосуються. Впровадження ТР включає в себе три етапи: підготовчий, перехідний та період остаточного введення в дію ТР.

Під час підготовчого етапу (2009-2013 рр.) створюються регіональні консультаційно-методичні центри із застосування ТР, при перехідному (2013-2018 рр.) будуть створені умови для застосування підприємствами ТР із впровадженням процедури оцінки відповідності вимогам нормативних

документів. Період остаточного введення ТР передбачає щорічне, починаючи з 2018 року, введення в дію ТР у повному обсязі з внесенням, у разі потреби, змін до ТР за результатами його застосування у перехідний період.

Не зважаючи на те, що на даний час чітко розмежовані поняття сфери застосування оцінки відповідності і сертифікації продукції практичний аспект впровадження оцінки відповідності обмежується чинним перехідним періодом. Це дає можливість зробити висновок про необхідність оцінювання відповідності витратовимірювальної техніки природного газу згідно таких трьох складових: державні випробування, сертифікація, оцінка відповідності, кожна з яких є регламентована відповідними нормативними документами.

Проведений аналіз витратовимірювальної техніки для обліку природного газу як об'єкта оцінювання відповідності, а також розглянуті методологічні підходи і нормативне забезпечення оцінювання відповідності вказаних засобів.

Ключові слова: оцінювання відповідності, витратовимірювальна техніка, технічний регламент.

УДК 681.121.84

ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ СУПУТНЬОГО НАФТОВОГО ГАЗУ

*Пістун Є.П., Матіко Ф.Д., Масняк О.Я. Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів, Україна, ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв»,
м. Львів, Україна*

Видобуток нафти супроводжується видобутком супутнього газу. Хоча переважну частку в такому газі становлять вуглеводні, у великих кількостях в нього ще входять азот, двооксид вуглецю, сірководень, кисень та водяна пара. Останнім часом нафтовий газ знаходить все більше застосування в промисловості, зокрема в енергетиці та в нафтохімії.

Задача ж точного обліку кількості видобутого газу до сьогодні не вирішена. Для розрахунку витрати та об'єму нафтового газу необхідно знати його фізичні параметри, такі як густина при робочих умовах, коефіцієнт стисливості, показник адіабати, коефіцієнт динамічної в'язкості. Значення перерахованих вище параметрів в свою чергу визначаються значеннями температури та тиску газу та його компонентним складом.

Для розрахунку вищенаведених фізичних параметрів супутнього нафтового газу пропонується застосувати методи, що працюють за даними про повний компонентний склад газу. Зокрема, на базі методики ГСССД МР 113 – 03 (ВНИЦ СМВ) та методу AGA8 – 92DC нами розроблено нову методику розрахунку властивостей супутнього нафтового газу в широких діапазонах зміни температури та тиску.

Алгоритм розрахунку витрати супутнього нафтового газу за методом змінного перепаду тиску із стандартними пристроями звуження потоку

розроблений у відповідності до вимог комплексу міждержавних стандартів ДСТУ ГОСТ 8.586.(1-5):2009. Це дозволяє застосувати для вимірювання витрати супутнього нафтового газу стандартні звужувальні пристрої та реалізувати систему обліку без необхідності градування первинного перетворювача витрати.

Реалізація алгоритмів розрахунку витрати та кількості супутнього нафтового газу можлива тільки з допомогою мікропроцесорного обчислювача. Вимоги до його обчислювальної потужності визначаються не тільки складністю алгоритмів для обробки, а й необхідною частотою виконання розрахунку витрати, тобто швидкістю зміни витрати потоку. Тому вибір конкретної моделі обчислювача може бути зроблений тільки із врахуванням технологічних умов. Розроблені вимоги щодо апаратної реалізації системи обліку супутнього нафтового газу.

Розроблена структура програмного забезпечення для системи обліку супутнього нафтового газу передбачає модульний принцип, який дозволяє легко модифікувати окремі фрагменти програми без необхідності переробки її в цілому.

Ключові слова: супутній нафтовий газ; розрахунок властивостей супутнього нафтового газу; облік енергоносіїв; витратомір змінного перепаду тиску; система обліку супутнього нафтового газу.

УДК 681.121

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТА МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ВИТОКІВ ГАЗУ – БАЗОВА ОСНОВА ДЛЯ НОРМУВАННЯ “РОЗБАЛАНСІВ” У СИСТЕМІ ТРАНСПОРТУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИМИ ГАЗОПРОВОДАМИ

Крук І.С., Нормативно-аналітичний центр філія ДК “Укртрансгаз”, м. Київ, Україна

Магістральні газопроводи в системі транспортування природних газів повинні відповідати високим вимогам безпеки, надійності та ефективності. Визначення витрат витоків природного газу з метою їх нормування є базовою основою при зведенні матеріальних балансів і підтвердженням технічної ефективності функціонування всієї газотранспортної системи.

Запропоновані методика розрахунку та новітні сучасні методи вимірювання витрат витоків природного газу в газотранспортній системі. Реалізовані відомі локальні методи та використані високоточні засоби вимірювання, сучасна запірна арматура (виконавчі механізми з регулюючим і ручним приводом), системні та програмні рішення. Наведені різні за принципом дії схемні вирішення систем автоматичного контролю, вимірювання, регулювання, захисту, сигналізації, блокування, які можна використовувати в структурі інформаційно-вимірювальної системи загальної автоматизованої системи керування технологічними процесами з метою визначення витрат витоків

природного газу. Перспективним напрямком у визначенні витрат витоків є модернізація існуючої мережі газопроводів із впровадженням нових конструктивних рішень.

Одночасно треба відмітити, що для точного вимірювання витрат природного газу необхідно, крім високоточних вимірювальних перетворювачів, ще й у першу чергу підготувати якісний природний газ, який би відповідав технічним вимогам для його транспортування, зокрема на наявність у ньому механічних домішок, сірководневих сполук, парів вологи, тощо.

Для уніфікації параметрів вологості природних газів і забезпечення єдності вимірювання об'єму, об'ємної витрати та кількості газів пропонується доповнити стандартні умови вимірювань єдиним параметром, який би визначав якість транспортованого газу.

Основними результатами є: виявлення місць витоків природних газів; системна реалізація методів вимірювання витрат витоків газу; методика розрахунку витрат витоків і створення базової основи для нормування виробничо-технологічних витрат у загальній системі матеріальних балансів; діагностування мережі магістральних газопроводів, газопроводів–відводів газотранспортної системи; оптимізація технологічних режимів транспортування природних газів; автоматизований моніторинг викидів в атмосферу; контроль і вимірювання якості газів.

Ключові слова: природний газ, витрата, виток, нормування, матеріальний баланс, діагностування, газотранспортна система, оптимізація режиму транспортування, моніторинг викидів, системні технології, якість.

УДК 681.121.84

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ ПЛИННИХ СЕРЕДОВИЩ ІНВАРІАНТНА ДО ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУЖУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Пістун Є.П., Лесовой Л.В., Демків І.Б. Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», м. Львів, Україна

Одним із найбільш застосовуваних методів вимірювання витрати та кількості плинних енергоносіїв є метод змінного перепаду тиску. Невизначеність результату вимірювання витрати та кількості енергоносіїв, яку забезпечуватимуть витратоміри змінного перепаду тиску з стандартними звужувальними пристроями, при введенні в дію нового комплексу міждержавних стандартів ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2009, додатково буде зменшена. Однак, при довготривалій роботі стандартних звужувальних пристроїв деякі їх геометричні характеристики, наприклад – радіус заокруглення вхідного канту діафрагми, можуть з часом змінюватися. За рахунок забруднення діафрагми, якщо таке може мати місце, може змінитись

коефіцієнт витікання діафрагми. В зв'язку з цим можуть появиться додаткові похибки вимірювання.

З метою зменшення цих додаткових похибок вимірювання нами пропонується модернізувати витратомір змінного перепаду тиску з включенням в його структуру взірцевого лічильника газу, тобто на базі витратоміра змінного перепаду тиску пропонується створити інформаційно-вимірювальну систему, інваріантну до зміни геометричних характеристик звужувальних пристроїв. Розроблена структура такої системи, алгоритм її функціонування та її математична модель.

Встановлені вимоги щодо точності лічильника газу та його діапазону вимірювання. Показано, що ці характеристики безпосередньо визначають характеристики інформаційно-вимірювальної системи та її здатність щодо зменшення вказаних вище додаткових похибок вимірювання. Розроблено методику проектування таких інформаційно-вимірювальних систем.

Розроблений алгоритм розрахунку витрати та кількості газу для мікропроцесорного обчислювача, що входить в структуру інформаційно-вимірювальної системи. Алгоритм базується на повній моделі витратоміра змінного перепаду тиску та відповідає стандарту ДСТУ ГОСТ 8.586.1,2,3,4,5-2009. Алгоритм передбачає виконання відповідних ітераційних процедур для уточнення коефіцієнта витікання звужувального пристрою витратоміра змінного перепаду тиску.

Застосування такої інформаційно-вимірювальної системи дозволить усунути додаткові похибки вимірювання витрати та кількості плинних енергоносіїв, що мають місце в складних умовах вимірювання, які призводять до зміни геометричних характеристик звужувальних пристроїв.

Ключові слова: метод змінного перепаду тиску, нормативна база обліку, похибки вимірювань, витратоміри змінного перепаду тиску, лічильники.

УДК 681.121

АНАЛІЗ ВПЛИВУ АЛГОРИТМУ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ ПРОГРАМНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВІРОЧНИХ УСТАНОВОК ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

*Кузь М.В., Андрейко В.М. Приватний вищий навчальний заклад „Галицька Академія”,
м. Івано-Франківськ, Україна*

Національний стандарт України на державну повірочну схему для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу (ДСТУ 3383:2007) регламентує вимоги до метрологічних характеристик повірочних установок лічильників газу: відносна похибка передачі одиниці об'єму газу повинна становити 0,3-0,5 %. В методичних документах на державну метрологічну атестацію та повірку цих установок наведені методики визначення метрологічних характеристик

робочих еталонів та датчиків, що входять до складу повірочних установок, та сумарної похибки установок.

Однак, в жодному чинному в Україні методичному документі не наведено порядок визначення впливу на похибку установок алгоритму оброблення даних програмним забезпеченням, що є прикладним математичним апаратом обчислювального компоненту інформаційно-вимірювальної системи повірочних установок. В методичних документах декларується, що перевірку програмного забезпечення проводять згідно експлуатаційної документації на повірочну установку. Дивним є поширення дії експлуатаційної документації повірочних установок на програмне забезпечення, бо в Україні діє ціла серія стандартів Єдиної системи програмної документації (ГОСТ 19), що якраз регламентує вимоги до програмного забезпечення та програмної документації.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що найбільший вплив на метрологічні характеристики мають наступні неточності обробки даних: зменшення кількості цифр після коми в результатах вимірювань та обчислень методом відкидання, а не математичного заокруглення, використання середньостатистичних значень атмосферного тиску для того чи іншого регіону замість його вимірювання, неврахування результатів вимірювання, що виходять за допустимі межі без належної ідентифікації їх на належність до промахів. Лише використання середньостатистичних значень атмосферного тиску може призвести до додаткової похибки передачі розміру одиниці об'єму до 0,55 %, що вже співрозмірно з відносною похибкою повірочних установок. Виходячи із вимог Державної повірочної схеми (ДСТУ 3383:2007) на таких установках можна повіряти лічильники із відносними похибками 3 %, що недопустимо, оскільки похибки промислових лічильників повинні становити 1%, побутових – 1,5 %.

Ключові слова: похибка, повірочна установка, обробка даних.

УДК 543.27.089.6

ПРИСТРІЙ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ АНАЛІЗАТОРІВ ВМІСТУ МЕТАНУ В ПОВІТРІ

Дубіль Р.Я., Матіко Г.Ф., Мінін С.В., Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», м. Львів, Україна

Газоаналітичні прилади широко застосовують для контролю за якістю протікання технологічних процесів, запобігання аварійних ситуацій та шкідливих викидів в атмосферу. Особливо актуальними є питання контролю загазованості повітря на шахтах, газових котельнях, нафтопереробних та хімічних заводах. Для визначення вмісту метану в повітрі на вказаних виробництвах найчастіше застосовують сигналізатори та аналізатори вмісту CH_4 , CO_2 та інших газів. Ефективна робота таких аналізаторів суттєво залежить від їх метрологічного забезпечення.

За основу зразкових засобів для градування газоаналітичних приладів прийняті чисті гази та газові суміші відомого складу, які готують в балонах високого тиску. Така організація метрологічного забезпечення має ряд недоліків: обмежена номенклатура газових сумішей, більшість сумішей нестійкі в часі тощо.

Ці проблеми вирішують шляхом приготування зразкових газових сумішей за допомогою газодинамічних дросельних синтезаторів газових сумішей. Наявність таких синтезаторів передбачає наявність тільки джерел чистих компонентів (балони із стиснутими газами), і дає можливість готувати газові суміші безпосередньо на місці їх використання. Перевагою такого пристрою є підвищення точності дозування компонентів газової суміші та усунення необхідності його градування.

Нами розроблено методики побудови схем таких синтезаторів, наведено варіанти їх принципових схем. Зокрема розроблено синтезатор газових сумішей “метан+повітря” для метрологічної перевірки аналізаторів вмісту метану в повітрі. НПВП “Техприлад” виготовлено і введено в експлуатацію синтезатори газових сумішей “метан+повітря” типів СГС-1, СГС-1М, СГС-2. Межа їх допустимої абсолютної похибки в робочих умовах не перевищує 0,05%об., що забезпечує значення відповідної розширеної невизначеності складу цієї газової суміші в 1% відн. Зокрема, синтезатор типу СГС-1М є взірцевим лабораторним приладом для одержання газових сумішей “метан+повітря”, необхідних для перевірки аналізаторів шахтної атмосфери в діапазонах об’ємних долей метану 0-100% і аналізаторів швидкості зміни концентрації.

Синтезатори газових сумішей “метан+повітря” типів СГС-1, СГС-1М, СГС-2 є виготовлені, метрологічно атестовані відповідними державними органами і впроваджені на шахтах в м. Червоноград Львівської області. Їх також можна застосовувати для перевірки аналізаторів в системах керування технологічними процесами на інших промислових об’єктах.

Ключові слова: аналізатори вмісту метану, метрологічне забезпечення, газові суміші, синтезатори.

УДК 681.121

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИТРАТИ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗВУЖУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Середюк О.Є., Винничук А.Г., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Для підвищення точності обліку природного газу доцільним є здійснення контролю метрологічних характеристик побутових лічильників газу (ПЛГ) без демонтажу безпосередньо на місці експлуатації з використанням мобільної перевіркової установки. Принцип роботи такої установки передбачає

застосування попередньо проградуєваних спеціальних звужувальних пристроїв (ЗП).

Метою роботи є експериментальне визначення коефіцієнта витрати спеціальних ЗП при проектуванні перевірочних установок для ПЛГ.

Розрахунковим методам визначення коефіцієнта витрати ЗП властива значна методична похибка (більше 0,3%), що суттєво може знизити похибку перевірочної установки. Окрім того в установці використовуються ЗП у вигляді торцевих сопел, особливістю яких є витікання потоку в навколишнє середовище, внаслідок чого перепад тиску на ЗП буде рівним надлишковому тиску перед ним. З метою підвищення точності вимірювання витрати вказаними ЗП доцільним є експериментальне визначення добутку коефіцієнта витрати α і площі поперечного перерізу F ЗП за формулою:

$$\alpha F = \frac{V}{\varepsilon \tau \sqrt{2 p_{\text{нд}} / \rho}},$$

де V – контрольний об’єм газу, як фіксується еталонним засобом; τ – тривалість пропуску контрольного об’єму газу через ЗП; ε – поправний множник на розширення газу при проходженні через ЗП; $p_{\text{нд}}$ – надлишковий тиск на ЗП; ρ – густина газу перед ЗП.

Для проведення експериментальних досліджень розроблений дослідний стенд, який відтворює витрату повітря (0,01-6)м³/год при регульованих надлишкових тисках (0,5-6)кПа. Стенд обладнаний барабанним лічильником газу, як еталонним засобом вимірювання об’єму і засобами вимірювання тиску і температури робочого середовища, під’єднаними до ПЕОМ.

Експериментальні дослідження проводились на витратах газу з малими числами Рейнольдса (до 6000) для торцевих сопел з внутрішнім діаметром 0,5мм, 1,2 мм та 1,8мм. За результатами досліджень отримані індивідуальні градуєвальні характеристики ЗП як функції від числа Рейнольдса і здійснена їх метрологічна оцінка.

Ключові слова: торцеве сопло, коефіцієнт витрати, перевірочна установка.

УДК 621.6.05

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ СЧЕТЧИКОВ ОБЪЕМА ГАЗА НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА НА КОММЕРЧЕСКИХ УЗЛАХ УЧЕТА ГАЗА

¹Бабиченко В.М., ²Ярошевич В.Н., ³Насредин С.В., ¹КП СПС «Арсенал», г. Киев, Украина, ²ООО «Укргазсервис», г. Киев, Украина, ³СП «Радмиртех», г. Харьков, Украина

При эксплуатации узлов учета природного газа, в т.ч. соответствующего ГОСТ 5542, происходит загрязнение измерительной камеры счетчиков объемного расхода газа.

При загрязнении счетчика происходит торможение его ротора. Замедление скорости вращения ротора вызывает появление погрешности счетчика в виде уменьшения показаний расхода. Одновременно это увеличивает падение давления на счетчике. При этом в узлах учета происходит изменение динамического диапазона от 1/250 и 1/500 до 1/5... 1/10.

Для устранения возникающей погрешности необходимо учитывать степень загрязненности счетчика и вводить поправку (корректировку погрешности), зависящую от величины перепада давления на счетчике. В сетях с давлением от 0,005 до 0,3 МПа существенно сократит объем неучтенного расхода газа.

В докладе рассматриваются различные методы учета погрешности счетчика, вызванной загрязнениями роторного механизма: подключение в сети учета двух параллельно работающих счетчиков с разными номинальными расходами; использование датчиков разности давлений (на входе и выходе счетчика), в т.ч. с защитой от перегрузки (высоких давлений); применение многоканальных корректоров.

Ключевые слова: счетчик газа, перепад давления, расход, погрешность учета, узел учета.

УДК 681.121

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ФАЗО-ІМПУЛЬСНИЙ ВИТРАТОМІР ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

Середюк О.Є., Малісевич В.В., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Ефективність впровадження енергозберігаючих технологій та економія енергоносіїв можлива лише за умови їх точного обліку. Точність промислових лічильників газу визначається не тільки їх метрологічними характеристиками, але і правильністю дотримання технічних вимог їх монтажу у вимірювальному трубопроводі. Крім того, похибка лічильників газу може зростати в процесі їх експлуатації до проведення чергової перевірки внаслідок впливу додаткових факторів, наприклад, забруднення газу і наявності в ньому сторонніх домішок. Таким чином доцільним є перевіряння метрологічних характеристик промислових лічильників газу з метою діагностування впродовж міжповірочного інтервалу та безпосередньо на місці експлуатації.

Метою роботи є розроблення вдосконаленого ультразвукового фазо-імпульсного витратоміра для діагностування промислових лічильників газу.

В ультразвукових витратомірах, як правило, виникають похибки вимірювання внаслідок асиметрії електронно-акустичних трактів, внаслідок чого порушується рівність шляхів або швидкостей ультразвуку в акустичних каналах.

Принцип дії розробленого витратоміра базується на вимірюванні кута зсуву фаз φ між сигналами приймальних п'єзоелектричних перетворювачів з

корекцією на початкове значення кута зсуву фаз φ_0 , який попередньо експериментальним чином визначається при відсутності потоку через витратомір. Алгоритм визначення інформативного параметра витратоміра записується залежністю:

$$Y = Y_{\max} \left[\frac{X}{X_{\max}} \cdot \cos \varphi \pm \sqrt{1 - \left(\frac{X}{X_{\max}} \right)^2} \cdot \sin \varphi \right], \quad (1)$$

де $X_{\max}$, $Y_{\max}$, X , Y – максимальні і миттєві відхилення вихідного сигналу по інтерференційного еліпсу вздовж осей x і y відповідно; φ – кут зсуву фаз, який визначається за геометричними розмірами і положенням інтерференційного еліпса і є інформативним параметром витратоміра.

При зміні витрати форма і розміри інтерференційного еліпса будуть змінюватися відповідно до вимірюваної витрати природного газу. Для досягнення необхідної точності вимірювання витрати природного газу застосовується цифровий запам'ятовуючий осцилограф з відповідною комп'ютерною обробкою даних.

Ультразвуковий витратомір захищений заявкою на патент України.

Ключові слова: витратомір, інтерференційний еліпс, акустичний канал.

УДК 681.12/18

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ СИТ ОБЪЕМА (МАССЫ), ОБЪЕМНОГО (МАССОВОГО) РАСХОДА ЖИДКОСТИ

Чередниченко С.В., ГП «Укрметртестстандарт», г. Киев, Украина

К высокоточным средствам измерительной техники (СИТ) массы и массового расхода жидкости относятся кориолисовые расходомеры, к СИТ объема и объемного расхода жидкости - электромагнитные, ультразвуковые расходомеры-счетчики и др. Как правило, у этих СИТ пределы основной погрешности, регламентированной производителем, не превышают от $\pm 0,1$ % до $\pm 0,5$ %. Современные расходомеры-счетчики наряду с унифицированными аналоговыми (токовыми) и частотно-импульсными выходными сигналами как правило оснащены средствами цифровой коммуникации с использованием цифровых протоколов передачи данных, обеспечивающей работу в сети и передачу в цифровом виде всей измерительной информации.

Лаборатория гидромеханических измерений ГП «Укрметртестстандарт» проводит поверку таких СИТ с номинальными диаметрами до DN150. Лаборатория оснащена необходимыми эталонами единиц объемного и массового расхода, объема и массы холодной и горячей воды, прошедшей по трубопроводу. Лаборатория обеспечена сервисными модемами и программным обеспечением для связи с приборами таких известных мировых производителей массовых расходомеров, как Endress+Hauser, Micro Motion и др.

При поверке расходомеров используется метод взвешивания. При измерении массы жидкости прошедшей через расходомер с помощью весов поверочной установки необходимо учитывать коэффициент выталкивающей силы, характеризующий разное действие выталкивающей силы при калибровке весов поверочной установки эталонными гирями и при взвешивании той же массы жидкости. При определении массы жидкости без учёта коэффициента выталкивающей силы появляется методическая погрешность, соизмеримая с пределами допустимой основной погрешности некоторых типов расходомеров. Если не учитывать при измерении влияние коэффициента выталкивающей силы, результат измерения при поверке таких расходомеров грубо искажается. На коэффициент выталкивающей силы влияют температура и относительная влажность воздуха и атмосферное давление. Лаборатория гидромеханических измерений ГП «Укрметртестстандарт» оснащена автоматизированными средствами измерения этих параметров.

При каждом измерении необходимо проливать такой объем (массу) воды, при котором дополнительная погрешность по импульсному выходу не превышала бы 10 % от основной погрешности расходомера.

Ключевые слова: расходомеры, метод измерения, поверка, погрешность.

УДК 681.121

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВОДЫ В ЖИЛИЩНОМ СЕКТОРЕ

¹Красножон И.И., ¹Лукаш О.А., ²Лукаш М.О., ¹ООО «ИН-Прем», г. Киев, Украина,

²Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Основным потребителем воды в населенных пунктах является жилищный фонд, на долю которого приходится 70-80% от общего объема потребления. В свою очередь разница между объемом поданной и реализованной воды в населенных пунктах, где отсутствует общедомовой учет, составляет 40-50%.

Минимизировать потери в жилищном фонде можно путем:

- 1) применения 100% общедомового учета, что позволит сократить разницу между объемом поданной и реализованной воды до 16-25%. Для этого необходимо выполнение двух условий:

а) наличие единой рабочей законодательной базы, которая позволит распределять разницу показаний общедомового и суммарных показаний квартирных счетчиков воды между жильцами;

б) заключение договоров с владельцами многоквартирных домов – ОСМД.

На данный момент обеспечить выполнение условий «а» и «б» невозможно, поэтому необходимо обратить особое внимание на второй путь:

-2) внедрения качественного поквартирного измерения.

ООО «ИН-Прем» совместно с КП «Тернопольводоканал» был внедрен пилотный проект по оснащению жилого дома высокочувствительными

квартирними счетчиками воды тип «820» и общедомовым счетчиком тип «620», в метрологическом классе точности «С» с организацией системы дистанционной передачи данных «SensusScout». Потери в доме до замены счетчиков за 6 месяцев составляли 19,5%. После замены счетчиков и внедрения системы дистанционного сбора данных уже на протяжении 15 месяцев потери составляют всего лишь 0,6%. Баланс в доме сведен практически к нулю. Подобный проект реализован в г. Тетиев, где в жилом пятиэтажном 60-ти квартирном доме была произведена такая же замена квартирных счетчиков. Баланс водопотребления в доме до замены счетчиков за 7 месяцев составлял - 54% (потери), а после замены, за аналогичные 7 месяцев, баланс составляет +1,6%. Т. е. суммарные показания квартирных счетчиков больше, чем показания общедомового прибора почти на 2%. Связано это с тем, что не была произведена замена старого общедомового счетчика, у которого завышен диаметр. На вводе в дом установлен счетчик диаметром 50 мм, диапазон расходов которого не соответствует водопотреблению данного объекта. Таким образом, неправильно подобранный общедомовой счетчик воды так же приводит к недоучету.

Ключевые слова: высокоточные счетчики воды, метрологический класс точности «С», системы дистанционной передачи данных, оптимизация учета водопотребления.

УДК 004.652.5:681.2

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ВУЗЛІВ ОБЛІКУ ВОДИ

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

В сучасному суспільстві на тлі зростання вартості енергетичних та матеріальних ресурсів (електричної та теплової енергії, газу, води, нафтопродуктів і т.і.) точність вимірювань та правильність обліку ресурсів є особливо актуальною. Тому першочерговою задачею є забезпечення сучасними засобами обліку ресурсів всіх об'єктів комунальної та приватної власності. Для розв'язання поставленої задачі була створена інформаційно-аналітична система, за допомогою якої можна проаналізувати комплектність та метрологічні характеристики існуючого вимірювального обладнання для обліку холодної та гарячої води у житловому фонді міста. Система також дозволяє виконати підбір необхідного комплексу обладнання з урахуванням експлуатаційних, конструкційних та економічних характеристик. В системі передбачена можливість підбору сучасного обладнання з більш точними та надійними характеристиками для заміни встановленого в помешканні застарілого обладнання.

Інформаційно-аналітична система розроблена з використанням СУБД Access. В MS Access використовуються дві моделі доступу до даних – DAO (Data Access Objects) та ADO (ActiveX Data Objects). Модель DAO призначена для створення локальних баз даних (БД), а модель ADO використовується для роботи з клієнт-серверними БД. З метою вибору оптимальної моделі було створено алгоритм порівняння виконання основних операцій з об'єктами БД. В якості основного параметру для аналізу було вибрано швидкодію виконання наступних операцій: створення таблиць, заповнення таблиць даними, виконання запитів, видалення таблиць. Алгоритм програмно реалізований мовою програмування Visual Basic for Application (VBA).

Результати програми виводяться у вигляді таблиці, яка складається з назви операції та часу виконання цієї операції з використанням моделі DAO і ADO. Аналіз отриманих результатів показав перевагу використання моделі DAO для поставленої задачі.

Ключові слова: облік споживання води, БД, інформаційно-аналітична система, Visual Basic for Application (VBA).

УДК 534.232.4

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ ІЗ ЖИВЛЕННЯМ ВІД ЕНЕРГІЇ ВИМІРЮВАНОВОГО СИГНАЛУ

Петльований П.В., Коваленко А.М., Мусієнко М.П., Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Сучасні інформаційно-вимірювальні системи моніторингу різних середовищ вимагають великої кількості точок виміру, простоти передачі інформації до місця обробки, проведення одночасного виміру різних величин в одному місці, тривалого часу експлуатації в умовах далеких від нормальних. У цих умовах застосування провідників у всіх каналах зв'язку не доцільно з економічних та технічних міркувань.

Рішенням в даному випадку є використання радіоканалу. Проте в безпроводних вимірювальних системах важливим питанням є забезпечення тривалої роботи системи від автономних джерел живлення. У вимірювальних системах із застосуванням радіоканалу досягнення цієї мети можливо за наступних умов: використання батарей одноразових хімічних джерел живлення з можливою заміною в процесі експлуатації; забезпечення живлення від датчика, тобто використання активних первинних перетворювачів, що перетворюють фізичну вимірювальну величину в енергію живлення; використання спільно з локальним елементом моніторингу пристрою генерації з акумуляторним накопичувачем енергії, де використовується енергія поновлюваних джерел (сонце, вітер, тепло, індустриальні випромінювання); вживання мікропотужних мікроконтролерів; використання «сплячого режиму» радіо модулів.

Випадок використання енергії вимірюваного сигналу в якості живлення датчика вимірювання є найменш вивченим питанням і досить актуальним напрямом дослідження.

Таким чином, метою роботи була розробка первинних перетворювачів з автономним джерелом напруги, в яких енергія вимірюваного сигналу використовувалася для живлення датчика та інших вузлів системи.

В роботі були розглянуті вимірювальні системи, в яких в якості активних первинних перетворювачів використовуються індукційні перетворювачі, фотоелектричні перетворюючі елементи, а також перетворювачі кінетичної енергії в електричну, в якості яких найчастіше використовують п'єзоелементи.

Розглянуті моделі структури таких інформаційно-вимірювальних систем, а також схематичні, функціональні і схемофункціональні моделі п'єзокерамічних первинних перетворювачів в якості елементів напруги.

Крім того, в роботі розглянуті поліфункціональні перетворювачі, в яких одна з фізичних сил використовується як вимірювана величина, а інша – для живлення елементів вимірювальної системи.

Ключові слова: активний первинний перетворювач, джерело живлення.

УДК 621.128

СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО СЪЕМА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СО СЧЕТЧИКОВ ВОДЫ

¹⁾Лукаш О.А., ²⁾Лукаш М.О., ¹⁾ООО «ИН-Прем», г. Киев, Украина, ²⁾Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Основной целью внедрения систем дистанционного съема и передачи данных со счетчиков воды является получение актуальных и объективных данных в короткий промежуток времени и исключение человеческого фактора.

Существуют два типа систем съема и передачи данных дистанционно – проводные и беспроводные. В проводных системах передача данных происходит по кабелю (сеть M-BUS). Принцип построения сети: счетчики соединяются параллельно двужильным витым кабелем и подключаются к центральному устройству, управляющему работой сети, - M-Bus мастеру. Питание всех устройств сети осуществляется от M-Bus мастера по той же паре проводов. К основным недостаткам проводной системы передачи данных относятся - необходимость прокладки кабеля, трудности при последующем наращивании системы, ограничения по количеству опрашиваемых приборов, ограничения по длине кабеля, слабая помехозащищенность.

Передача данных в беспроводных системах происходит по радиоканалу или с помощью мобильной связи (GSM/GPRS). В свою очередь системы передачи данных по радиоканалу делятся на стационарные и мобильные.

Принцип работы системы с передачей данных по радиоканалу заключается в следующем: все счетчики, с которых необходимо снять информацию, оснащаются радиомодулями. В стационарных системах опрос радиомодулей происходит концентратором, управляющим процессом сбора данных. В мобильных радиосистемах обслуживающий персонал, имея радиотерминал, проходит или проезжает мимо счетчиков на расстоянии 50 – 200 м. Радиомодуль, находясь в зоне действия радиотерминала, отвечает на запрос пакетом данных. Стационарная система используется для сбора информации со счетчиков в жилом фонде, мобильная- в жилом фонде и там, где измерительные приборы расположены недалеко от пути следования обходчика, либо приборы сосредоточены в группу. Все радиосистемы имеют автономное питание.

GSM/GPRS системы непрерывной передачи показаний со счетчиков на сервер данных предназначены для получения показаний со счетчиков, расположенных в удаленных и труднодоступных местах, например, скважины водоснабжения, объекты водоочистки, тепловые пункты, в основном для технологического учета. В большинстве требуют сетевого питания 220В. Используя GPRS каналы мобильных операторов, происходит прямая передача показаний подключенных счетчиков на интернет – сервер, где создаются архивы данных и последующий их анализ.

Ключевые слова: системы дистанционной передачи данных, радиосистемы, GSM/GPRS передача данных.

УДК 621.128

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МОДЕЛЮВАННІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ РІДИН ТА ГАЗІВ

Коваленко В.А., Коробко І.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Науково-дослідний центр "Прилади і системи енергозбереження", м. Київ, Україна

Інформаційне моделювання, особливо комп'ютерне моделювання - на сьогоднішній день прогресивний метод дослідження навколишньої дійсності.

На сучасному етапі наукових досліджень приладів та систем вимірювання витрати і кількості рідин та газів комп'ютерний експеримент є одним з важливих напрямів при вивченні задач взаємодії вимірюваного середовища із чутливими елементами вимірювальних перетворювачів витрати та кількості (ВПВК). Інформація, отримана за допомогою чисельних розрахунків, дозволяє не тільки правильно осмислити і зрозуміти фізичні ефекти, що спостерігаються на експериментальних установках, а й у багатьох випадках замінити фізичний чи натуральний експеримент комп'ютерним, як більш дешевим та інформативним.

У багатьох випадках комп'ютерний експеримент є єдино можливим. Враховуючи подальший прогрес в області розвитку обчислювальної техніки,

можна очікувати, що в найближчому майбутньому зросте роль комп'ютерного моделювання як у створенні нових зразків промисловості, так і в дослідженні процесів і явищ, що відбуваються в навколишньому світі.

На сьогодні широке поширення набули пакети обчислювальної гідродинаміки, тепломасообміну, міцності та електродинаміки для проведення інженерних розрахунків. Серед них можна відзначити такі: CFX, Fluent, Star-CD, LS-Dyna, Ansys, Abaqus, FlowVision, MSC / Nastran, MSC / Marc, MagmaSoft, SolidWorks та ін.

Спеціальне програмне забезпечення орієнтоване на ефективну роботу дослідника і дозволяє імітувати процеси взаємодії вимірюваного середовища із конструктивними елементами ВПВК рідин та газів віртуально. Це дає можливість простежити за тим, що відбувається у ВПВК при заповненні його рідиною чи газом. Застосовуючи нові інформаційні технології – моделювання (Ansys, FlowVision-програма), можна виявити різні дефекти в самому лічильнику і визначити оптимальні модифікації в конструкції і його технології, порівнюючи прогнозовані наслідки для запропонованих модифікацій і вибирати в підсумку найбільш оптимальний варіант створення ВПВК з необхідними метрологічними характеристиками.

Ключові слова: інформаційне моделювання, вимірювальні перетворювачі витрати та кількості рідин та газів.

УДК 681.121

ЗАСТОСУВАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ ТА КІЛЬКОСТІ РІДИН І ГАЗІВ

Коробко І.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Науково-дослідний центр "Прилади і системи енергозбереження", м. Київ, Україна

До вимірювальних перетворювачів витрати та кількості (ВПВК) паливно – енергетичних ресурсів та води (ПЕР) висуваються досить жорсткі вимоги, направлені на побудову якісної вимірювально – інформаційної системи. До основних вимог необхідно віднести: високу точність та надійність вимірювань, широкий діапазон вимірювань та лінійність шкали (вимоги до статичної характеристики), мінімальну залежність точності вимірювань від зміни густини та в'язкості вимірюваного середовища (ВС), незалежність результатів вимірювань від тиску і температури, мінімальну залежність метрологічних характеристик від умов експлуатації, високі динамічні характеристики (швидкодія), працездатність приладу при вимірюваннях витрати і кількості не тільки за нормальних, а і за екстремальних умов (за низьких або високих температур і тиску, при вібраціях та ін.), можливість вимірювання витрати

широкої номенклатури речовин, вимоги до інформативних і неінформативних параметрів вихідного сигналу, забезпеченість метрологічною базою та інше.

Робота ВПВК рідин та газів завжди пов'язана із рухом ВС по вимірювальній камері приладу. В результаті взаємодії ВС із чутливими елементами (ЧЕ) ВПВК, на них виникає втрата тиску. При побудові інформаційно – вимірювальних систем витрати та кількості намагаються використовувати ВПВК, на яких мінімальна втрата тиску.

Одними із ефективних методів дослідження взаємодії ЧЕ приладу із ВС є методи обчислювальної гідромеханіки. Математичний опис гідромеханічних процесів базується на відомих у механіці рідин та газів загальних рівняннях руху суцільного середовища із використанням експериментальних значень коефіцієнтів гідродинамічних сил. Трансформація загальних рівнянь і залежностей гідродинаміки до задач динаміки ВПВК має свої особливості, які обумовлені принципом дії, конструктивними особливостями та режимами роботи ВПВК. Сучасні інформаційні технології дають можливість проводити обчислювальний експеримент, що базується на математичному моделюванні взаємодії потів ВС із ЧЕ ВПВК, чисельних методах розв'язання і різноманітних прикладних програмних продуктах.

В доповіді наведені результати аналізу сучасних методів обчислювальної гідромеханіки при визначенні ефективних умов взаємодії потоку ВС із ЧЕ ВПВК.

Ключові слова: витрати, кількість, рідини, гази, вимірювання.

УДК 681.121

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ОТРИМАННЯ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ В НАСЛІДОК ВЗАЄМОДІЇ ПОТОКУ ІЗ ЧУТЛИВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Коробко І.В., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Науково-дослідний центр "Прилади і системи енергозбереження", м. Київ, Україна

Для вирішення проблем енергетичного комплексу одним з головних і пріоритетних напрямків є створення і впровадження систем обліку та контролю споживання і використання енергоресурсів.

Це визначає необхідність створення приладів і систем вимірювання витрати (ПСВ) енергоносіїв з високими метрологічними та експлуатаційними характеристиками. До ПСВ висувається багато різних вимог. Серед них є мінімальний вплив ПСВ на енергетичні та динамічні характеристики потоку вимірюваного середовища. Одним із показників впливу є втрата гідродинамічного натиску потоку вимірюваного середовища при проходженні його крізь сам прилад.

При проектуванні ПСВ необхідно розв’язувати дилему, як при мінімальній втраті натиску потоку отримати максимальний інформаційний сигнал на виході приладу, тобто створити вимірювальний перетворювач витрати (ВПВ) з ефективною системою перетворення швидкості потоку, як функції витрати, на вихідний сигнал.

Для оцінки такої системи перетворення пропонується ввести коефіцієнт ефективності взаємодії потоку вимірюваного середовища із чутливими елементами (ЧЕ) ПСВ

$$K_{\text{ЕЧЕ}} = \frac{A}{\Delta P},$$

де A - величина корисного вихідного сигналу ВПВ ПСВ; ΔP - втрата тиску потоку вимірюваного середовища на ПСВ.

Вид вихідного сигналу ВПВ залежить від методу вимірювання, на якому базується даний вимірювальний прилад. Наприклад, для турбінних ВПВ це кутова швидкість обертання ЧЕ, або кількість його обертів; для гідродинамічних – величина деформації чи відхилення ЧЕ; для вихрових – частота генерації вихрів на ЧЕ; для ультразвукових – різниця часу проходження ультразвукового сигналу за і проти потоку, або різниця частот цього сигналу; для електромагнітних – величина електричної індукції і т.і.

Аналізуючи математичні моделі ВПВ та функціональні залежності їх вихідного сигналу від конструктивних параметрів ЧЕ, можна визначити раціональні значення цих параметрів, використовуючи запропонований критерій ефективності.

Ключові слова: витрата, рідини, гази, вимірювальні перетворювачі.

УДК 681.123

КРИТЕРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ФОРМИ ТІЛ ОБТІКАННЯ ВИХОРОВИХ ВИТРАТОМІРІВ

Долішня Н.Б., Остапів В.В., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м.Івано-Франківськ, Україна

Питання вибору оптимальної геометрії тіла обтікання (ТО) для вихорових витратомірів та лічильників, що працюють за принципом доріжки Кармана, є досить актуальним з огляду на все більше поширення таких засобів вимірювання витрати, зумовлене рядом їх переваг. Проте експериментальні дослідження впливу форми ТО на характеристики вихорових витратомірів пов’язане зі значними складностями, зокрема і фінансового плану, тому багато виробників при конструюванні вихорових засобів вимірювання витрати користуються вже відомими і традиційними рішеннями.

Як можна зробити висновок з проаналізованих літературних джерел, детальні порівняльні дослідження двох найбільш перспективних форм ТО з

різних класів (тіла на базі циліндра та призми) не проводились, тому постає питання їх аналізу. Для кількісної оцінки оптимальності тіл сформульовано наступні критерії:

- стійкість частоти утворення вихорів при малих швидкостях потоку;
- стабільність числа Струхала в робочому діапазоні витратоміра;
- мінімальні втрати тиску на тілі обтікання.

В результаті експериментальних досліджень було отримано наступні результати: стійке утворення вихорів для тіла обтікання циліндричної форми починається значно раніше (при $Re \approx 300$), в той час, як для призматичних ТО стійка доріжка Кармана спостерігається при числах Рейнольдса порядку 800. В робочому діапазоні чисел Рейнольдса при обтіканні безмежним рівномірним потоком тіла у формі трикутної призми число Струхала змінюється в межах від 0,15 до 0,165, що складає приблизно 9%; при обтіканні ТО циліндричної форми спостерігається зміна числа Струхала у межах від 0,2 до 0,21, що складає приблизно 5%. Таким чином для ТО, що мають форму, близьку до циліндричної, забезпечують меншу нестабільність числа Струхала і більшу лінійність залежності $Sh=f(Re)$ у робочому діапазоні витратоміра.

Ключові слова: вихоровий витратомір, оптимізація форми тіла обтікання, число Струхала, доріжка Кармана.

УДК 681.121

ПРО МЕТОДИ ВРІВНОВАЖУВАННЯ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Писарець А.В. Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Науково-дослідний центр "Прилади і системи енергозбереження", м. Київ, Україна

Найбільшого навантаження при роботі турбінного перетворювача витрати (ТПВ) зазнає упорний підшипник, який сприймає осьовий натиск вимірюваного потоку. Це призводить до прискорення зношення опори та погіршення метрологічних характеристик перетворювача. Тому одним з основних напрямів покращення метрологічних характеристик ТПВ є вдосконалення роботи опорних вузлів шляхом зменшення в них тертя. Способи зменшення тертя в опорах чутливого елемента (ЧЕ) можна поділити на дві групи: розвантаження опор ЧЕ та врівноважування ЧЕ.

У свою чергу, існуючі перетворювачі з повною компенсацією осьового тиску на упорний підшипник за складністю конструкції можна поділити на перетворювачі з використанням додаткових потоків та без них.

При врівноважуванні ЧЕ ТПВ з використанням додаткових потоків застосовуються: створення врівноважуючого тиску на упорному підшипнику; геометричне профілювання прохідного перерізу потоку; виконання ЧЕ у

вигляді тонкостінного дифузора, всередині якого закріплено гвинтові лопаті; профілювання обтікачів; виконання ТПВ у вигляді клапанної системи.

Врівноважування ЧЕ ТПВ без використання додаткових потоків досягається: комбінацією ТПВ і ротаметра; профілюванням елементів гідравлічного каналу перетворювача витрати (вхідного обтікача, вихідного обтікача, внутрішньої поверхні корпусу вздовж вимірюваного потоку); виконанням перетворювача витрати у вигляді гідродинамічної муфти.

Аналіз методів вдосконалення метрологічних характеристик ТПВ за рахунок зменшення впливу тертя в опорах ЧЕ та розглянутих конструкцій, що реалізують ці методи, дозволяє зробити такі висновки:

- одним з найбільш ефективних методів запобігання зношенню опор ЧЕ є його врівноважування, що дозволить: подовжити термін експлуатації перетворювачів витрати, покращити їх метрологічні характеристики, розширити діапазон вимірюваних витрат ТПВ у область малих витрат;
- застосування схем з використанням додаткових потоків можливе лише для вимірювання малих витрат рідин ($3,5 - 500 \text{ см}^3/\text{с}$);
- врівноважування ЧЕ профілюванням елементів гідравлічного каналу характеризується високими метрологічними характеристиками, безліччю можливих варіантів виконання, можливістю встановлення у будь-якому положенні на трубопроводі.

Ключові слова: витрата, турбінний перетворювач витрати, прилади вимірювання витрат та кількості рідин, врівноважування чутливого елементу.

УДК 681.121

БАГАТОПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Кузьменко П.К., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Науково-дослідний центр “Прилади і системи енергозбереження”, м. Київ, Україна

Параметричне моделювання є потужним інструментом створення нових або перероблення існуючих моделей приладів і систем із заданими експлуатаційними характеристиками. Існує два класичних методи параметричного моделювання ієрархічний та варіаційний.

При ієрархічному моделюванні основна увага приділяється етапам підпорядкування елементів, тобто їх ієрархії. Таким чином, при зміні необхідного параметру відбувається залежна зміна всіх параметрів ієрархії і процес проектування стає більш керованим.

Концепція методу варіаційного моделювання ґрунтується на формуванні взаємозв'язків конструктивних елементів та параметрів за допомогою обмежень, що описують зв'язки між об'єктами моделі, але не підпорядковують їх один іншому.

Модель обмежень зручна для побудови і включає в себе ієрархічні залежності: при зміні форми або геометричних параметрів одного елементу пропорційно зміниться геометрія всіх залежних елементів. Також визначають параметри (як правило, геометричні форми і розміри), що здійснюють найбільш вагомий вплив на потік вимрюваного середовища і, як наслідок, на метрологію процесу вимірювання.

Параметричне моделювання роботи вимірювальних перетворювачів витрати дозволяє розв'язувати ряд важливих задач, серед яких найбільш принциповими є: уточнення математичних моделей і розрахункових алгоритмів; визначення сприятливих технологічних режимів функціонування; оптимізація конструктивних параметрів; постановка обчислювальних експериментів із візуалізацією процесів на екрані комп'ютера.

Бажаний результат параметричного моделювання вимірювальних перетворювачів витрати заключатиметься в отриманні візуальної та якісної картин розподілу вимрюваного середовища в тілі моделі.

Застосування комбінованого методу параметричного моделювання, який би дозволив максимально використати переваги ієрархічного і варіаційного методів та усунути їх недоліки є перевагою над натурними експериментами, які потребують значних матеріальних та часових затрат і не завжди дають бажаний результат.

Ключові слова: вимірювальний перетворювач витрати, параметричне моделювання.

УДК 536.531:006.354

ОЦІНКА ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛА ЛІЧИЛЬНИКОМ НА БАЗІ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ВИТРАТОМІРА

¹⁾ Кулик М.П., ²⁾ Кулик О.М., ¹⁾ Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, ²⁾ Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

На сучасному етапі економія енергетичних ресурсів неможлива без точного вимірювання теплових величин та характеристик, а без високоточного їх вимірювання неможливий комерційний і технологічний облік теплової енергії між споживачами та виробниками.

Лічильник кількості тепла на базі гідродинамічного витратоміра представляє собою трубопровідну вставку із кільцевою камерою, на діаметральній осі якої посередині потоку теплоносія назустріч йому розташована зігнута коліном трубка повного тиску. Різниця тиску, що сприймається трубкою повного тиску та тиску в кільцевій камері, по якій визначається середні по витраті швидкість потоку теплоносія, вимірюється дифманометричним перетворювачем, а на поверхні трубки повного тиску в її кінцевій зоні закріплений поверхневий термоперетворювач опору.

Для обчислення кількості тепла чи теплового потоку використовується стандартний обчислювач. Функція перетворення лічильника кількості тепла запропонованої конструкції має вигляд

$$\Delta\Phi = 0,25\pi D^2 \sqrt{2p_0\rho} \cdot c \cdot \Delta T, \quad (1)$$

де p_0 - динамічний напір, ΔT - різниця температур, ρ - густина теплоносія.

З метою оцінювання точності опосередкованого вимірювання кількості тепла нами отриманий аналітичний вираз моделі похибки із функції перетворення вимірювального перетворювача. Спрощений вираз похибки опосередкованого вимірювання в загальному вигляді є такою

$$\Delta_{\Delta\Phi} = \sum_{i=1}^n C_i \Delta i + \Delta_m, \quad (2)$$

де C_i - часткова похідна функції перетворення по відповідному аргументу, обчислена при таких значеннях, які дорівнюють результатам вимірювання, Δ_m - методична похибка, зумовлена невідповідністю функційної залежності справжній залежності між величинами.

Для дослідження функції перетворення лічильника кількості тепла нами перш за все була досліджена функція перетворення гідродинамічного витратоміра на рідинних та газових теплоносіях, оскільки точність вимірювання кількості тепла чи теплового потоку визначається точністю вимірювання витрати теплоносія тому що, питання точності вимірювання температури вирішені на досить високому рівні.

Для підсумовування похибки був використаний статистичний підхід, який дає реалістичнішу оцінку довірчої похибки. Складові похибки центровані (математичне сподівання рівне 0), при цьому були враховані вплив конструктивних параметрів гідродинамічного витратоміра, інструментальних похибок дифманометричного і термометричного перетворювачів, а також вплив метрологічних та теплофізичних характеристик рідинних та газових теплоносіїв, зокрема густини повітря та води і їх теплоємностей в робочому діапазоні зміни температур.

Попередні оцінки похибки вимірювання кількості тепла дають підстави стверджувати, що при довірчій імовірності 0.95 даний лічильник може забезпечити похибку 2 % і може зайняти належне місце в вирішенні проблеми енергозбереження.

Ключові слова: тепло, лічильник, обчислювач, гідродинамічний витратомір, похибка, комерційний облік, енергозбереження.

