

СЕКЦІЯ 8

ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ

УДК 621.125

МЕТРОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Зайцева О.О., Кузьменко Ю.В., Карташев В.І., Укрметртестстандарт, м. Київ, Україна

Ситуація з забезпеченням енергоресурсами призвела до того, що держава, підприємства та приватні споживачі добре усвідомлюють, що не треба зупинятись у своїх намаганнях щодо економного та раціонального використання ресурсів.

Поміж тим зростає усвідомлення значення того, що раціональне використання ресурсів робить також великий внесок у захист навколишнього середовища і допомагає заощадити природні ресурси.

Після проведення досліджень, спеціалісти встановили, що в житловій сфері орієнтоване на кінцевого споживача розподілення витрат, пов'язаних з опаленням та гарячою водою, призводить до зменшення споживання енергоресурсів приблизно на 15%. Це є вагомий вклад щодо економії енергії та захисту навколишнього середовища.

Складність вимірювання кількості теплоти у житловому секторі полягає у великій різноманітності схем підключення внутрішньобудинкових систем опалення та гарячого водопостачання до централізованих систем теплопостачання. Необхідно розробити методики виконання вимірювань кількості теплоти для всіх схем підключення з урахуванням вартості кожного виду вузла обліку та максимальних похибок вимірювань. Покази цих засобів вимірювальної техніки використовують для обліку споживання теплоти кінцевими споживачами.

Як показує досвід, мета стимулювання економного використання енергоресурсів у побуті досить реальна, якщо кошти за опалення будуть розподілені щонайменше на 50 % за індивідуальним споживанням. При цьому мінімум 50 % оплати не залежить від індивідуального споживання і розподіляється, наприклад, за площею житла. Це зумовлено тим, що певна частина загальних витрат виникають незалежно від індивідуального споживання (зокрема постійні виробничі витрати, такі, як витрати на обслуговування, втрати в котельній та водопроводі тощо).

Залежна від споживання частина оплати розподіляється за результатом обліку спожитої теплоти та гарячої води.

Організація розподілу коштів за опалення за допомогою так званих розподілювачів заснованих на різних принципах дії (випаровувальні, електронні тощо) призведе до справедливого підрахунку. Це допоможе

уникнути непорозумінь між енергопостачальними організаціями та споживачами.

Проблеми, які виникнуть на початку, наприклад з переобладнанням опалювальних приладів, минуть і переважна більшість з тих хто негативно сприймав цей розподіл коштів, буде вимагати справедливого розподілу.

Ключові слова: засоби обліку енергоносіїв, метрологічне забезпечення, нормативні документи, еталонна база.

УДК 628.1:621.121

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ ОГЛЯД ЗАСОБІВ ТА ПРИЛАДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ВОДИ ТА СУЧАСНА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Кобзар В.В., ДЕКТ ВАН АК “Київводоканал”, м. Київ, Україна

Перехід на сучасні ринкові відносини в Україні, неможливий без застосування в щонайбільших обсягах досконалих приладів обліку витрат енергоресурсів. Серед найбільших і важливих галузей, в цьому сенсі, є системи водопостачання і водовідведення. Дійсно, аби заощадити воду, треба вимірювати її витрати! Тому не випадково, що попри все, в країні зараз справжній лічильників бум. Звичайно, це не означає, що раніше витратоміри та водолічильники не застосовувались.

Історичний досвід розвитку техніки свідчить, що вже в стародавні часи люди активно використовували різноманітні, прості звичайно, засоби та прилади обліку використаної води чи іншої рідини (ропа соляних родовищ, нафта, мінеральні та термальні водні джерела та інше). Так, у шумерів (4000 р. до н.е.) був розроблений докладний регламент зрошення полів та норми витрат води. В Стародавньому Єгипті застосовувались багатоступеневі водопідіймальні механізми – шадуфи (на зразок нашого колодезного “журавля”. Воду міряли черпаками цього пристрою). Римляни використовували для обліку води спеціальні калібровані трубки – кінарії. Існувала навіть міра витрати води 1 кінарій – 420 літрів. Для потреб населення воду доставляли водоноси та водовози, що користувалися бочками та цебрами. Недарма бочка (40 відер або 492 л). Основи сучасної водної метрології заклали відомі вчені: Бенедикт Кастеллі (учень Г.Галілея), Анрі Піто, Дарсі, Прандтль, Ребок, Д. Полені, А. Шезі, Ж.Ш. Борда, П.Л. Дюбуа, Д.Б. Вентурі, Гершель, Д. Менделєєв, М. Жуковський, Ю.В. Ланге та інші.

Директор видобуду Рейнгард Вольтман винайшов в 1794 р. крильчастий водолічильник (в майбутньому система Вольтмана), що знаний і донині.

Згодом на кінець XIX ст. з’явилися сотні фірм, що продукували тоді досить точні і сучасні водолічильники різних систем. Серед них згадаймо: Сіменс і Гальске, Томсон, Кеннеді, Вентурі, Мейнеке, Центнер, Шпаннер, Космос та багато інших. В багатьох містах Росії вже на початку XX ст.. водооблік був суцільний. Зараз ми переживаємо так би мовити лічильниковий ренесанс.

Потреби в засобах водообліку практично безмежні. Адже вода – це важкий енергоресурс.

Для орієнтації споживача автором вперше створено щонайширша класифікація засобів водообліку, котрий додається до доповіді. Наведені також ілюстрації старих приладів водообліку.

Ключові слова: енергоресурси, водооблік, водолічильник, витрати води, класифікація засобів водообліку.

УДК 681.121

РОЗРОБКИ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ЦЕНТРУ “ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ” НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ УКРАЇНИ “КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

*Коробко І.В., Гришанова І.А., Писарець А.В., Кузьменко П.К., Науково-дослідний центр
“Прилади і системи енергозбереження” Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Діяльність Науково-дослідного центру “Прилади і системи енергозбереження” НТУУ “КПІ” направлена на проведення системного проектування приладів і систем вимірювання витрат та кількості паливно-енергетичних ресурсів та води з метою створення порівняно дешевих і водночас високоточних засобів вимірювання.

Основними напрямками діяльності НДЦ ПРІСЕ є: створення математичних моделей взаємодії потоків рідин з чутливими елементами вимірювальних перетворювачів витрат для випадків усталених і неусталених течій; розробка систем проектування засобів вимірювання швидкозмінних витрат рідин; розробка систем проектування високочутливих турбінних витратомірів і лічильників, в т.ч. із розвантаженими роторами; розробка систем проектування приладів вимірювання витрат паливно-енергетичних ресурсів із змінною в'язкістю (мазуту); розробка систем та устаткування метрологічної атестації засобів вимірювання витрат паливно-енергетичних ресурсів та води; надання консультацій підприємствам та організаціям із проблем вимірювання витрат паливно-енергетичних ресурсів та води; надання допомоги підприємствам та організаціям у складанні технічної документації; моніторинг існуючого обладнання та підбір сучасного устаткування для систем водо-, газо- та теплопостачання; розробка програмних комплексів вимірювання витрат паливно-енергетичних ресурсів та води і систем передачі даних на відстань з наступною їх обробкою; розробка програмних комплексів оптимізації та розрахунків приладів і систем вимірювання витрат паливно-енергетичних ресурсів та води.

Заслужують на увагу такі наукові розробки колективу НДЦ ПРІСЕ:

високодинамічний вимірювальний перетворювач витрат паливно-енергетичних ресурсів та води, вимірювальний перетворювач витрат харчових

рідинних продуктів, вимірювальний перетворювач витрат паливно-енергетичних ресурсів із змінною в'язкістю, системи оптимального проектування засобів вимірювання витрат паливно-енергетичних ресурсів та води, високочутливий турбінний лічильник кількості рідини, турбінний витратомір і лічильник із гідродинамічним розвантаженням опор, система проектування вимірювальних перетворювачів витрат із оптимальними конструктивними параметрами та високими метрологічними характеристиками.

Ключові слова: вода, газ, лічильники, витратоміри.

УДК 681.121

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ВЗАЄМОДІЇ РІДИННОГО СЕРЕДОВИЩА ІЗ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ВИТРАТ

*Коробко І.В., Науково-дослідний центр “Прилади і системи енергозбереження”
Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

Робота вимірювальних перетворювачів витрат (ВПВ) рідин завжди пов'язана із рухом рідини по трубопроводах та каналах із різною конфігурацією поперечного перерізу.

У наукових дослідженнях вимірювальних потоків рідини розглядають із спрощеними властивостями. Умови течії рідин у природі і техніці залежать від багатьох факторів, внаслідок чого властивості рідин проявляються по різному. Врахувати всі фактори та прояви всіх властивостей рідин у кожному окремому випадку важко, не завжди можна, та звичайно й не завжди потрібно. Так, при розв'язанні багатьох задач вимірювання витрат не беруть до уваги хімічні і термодинамічні явища, які не впливають на потоки рідин при їх взаємодії із вимірювальними перетворювачами витрат.

Фундаментальні рівняння динаміки рідини базуються на універсальних законах збереження: збереження маси, збереження кількості руху і збереження енергії. Рівняння збереження маси (рівняння неперервності) отримуються в результаті застосування закону збереження маси до потоку рідини. Застосування до потоку рідини другого закону Ньютона, дає рівняння кількості руху або рівняння імпульсу. Закон збереження енергії тотожний першому закону термодинаміки і у динаміці рідини називається рівнянням енергії. Для замикання системи до рівнянь, які отримані із наведених вище законів, необхідно додати відношення, що встановлюють зв'язки між властивостями рідини.

Використовуючи фундаментальні рівняння динаміки рідини отримані математичні моделі взаємодії рідинних потоків із чутливими елементами вимірювальних перетворювачів витрат за різних конфігурацій поперечних перерізів вимірювальних каналів.

Ключові слова: рідина, вимірювання, лічильники, витратоміри.

УДК 681.121

МЕТОДИ ПРОФІЛЮВАННЯ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ШВИДКІСНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ВИТРАТ РІДИН

*Жакупова Ж.Ж., Науково-дослідний центр “Прилади і системи енергозбереження”
Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

Широке застосування для вимірювання витрат паливно-енергетичних ресурсів та води знайшли швидкісні лічильники та витратоміри. Чутливими елементами (ЧЕ) таких вимірювальних перетворювачів витрат (ВПВ) є турбінки. Метрологічні експлуатаційні характеристики швидкісних ВПВ в значній мірі залежать від конструктивних та геометричних параметрів ЧЕ.

Профілювання лопаток турбін зводиться до побудови перерізів, які визначають форму профільної частини лопатки.

Лопатки турбіни повинні відповідати отриманню заданих розрахунком швидкостей та напрямком потоку на вході в лопатки та на виході з них з мінімальними гідравлічними втратами. Також геометрична форма лопатки повинна відповідати вимогам міцності.

При профілюванні лопаток, як правило, використовують графічні методи.

Застосування лінійчастих поверхонь до геометричного моделювання лопаток. З технологічних та міцнісних вимог лопатки намагаються описувати лінійчастими поверхнями. Ці поверхні утворюються переміщенням відрізка прямої лінії вздовж скелетної лінії профілю, якого зручно будувати на розгортці циліндричної поверхні зовнішнього радіуса колеса.

Метод профілювання плоских перерізів лопаток турбін, який базується на синтезованій функції, основною складовою якої є показова функція. Профілювання плоского перерізу лопатки починається з визначення координат точок дотику кривих, які описують спинку та вгнуту частину профілю з дугами вхідної та вихідної кромок.

Далі за допомогою синтезованої функції отримують аналітичні вирази кривих обводів, які використовують для розрахунку координат опуклої та вгнутої частин профілю.

Профілювання на розгортці циліндричної поверхні зовнішнього радіуса колеса. Побудову профілю починають з проведення його, так званої середньої лінії, яка в загальному випадку може складатися з прямолінійної та криволінійної частин. Криволінійну частину профілю конструюють за допомогою овалів Ламе. Лопатки описуються лінійчастими поверхнями.

Профілювання ЧЕ швидкісних лічильників витрат дає можливість визначити найбільш оптимальні їх конструктивні параметри.

Ключові слова: рідина, витрата, лічильник, турбінка.

УДК 681.121

ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ РІВНОВАГИ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ
ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТ З ГІДРОДИНАМІЧНИМ
ВРІВНОВАЖЕННЯМ ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТУ

*Писарець А.В., Науково-дослідний Центр “Прилади і системи енергозбереження”
Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

Турбінні перетворювачі витрат рідин (ТПВР) з гідродинамічним врівноваженням чутливого елемента (ЧЕ) відрізняються від звичайних ТПВР більш високими метрологічними характеристиками.

Особливістю математичної моделі ТПВР з гідродинамічним врівноваженням ЧЕ є наявність рівняння поступального повздовжнього руху ЧЕ:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_{OC} - F_{BP} + F_{PEG}, \quad (1)$$

де m – маса ЧЕ; x – повздовжнє переміщення ЧЕ; F_{OC} – осьове зусилля, що діє на ЧЕ; F_{BP} – сила, що врівноважує ЧЕ; F_{PEG} – сила, прикладена до ЧЕ з боку регулятора його положення.

Повне гідродинамічне врівноваження ЧЕ визначається рівністю нулю рівнодіючої усіх сил, прикладених до ЧЕ ($R=0$), у широкому діапазоні режимів роботи ТПВР.

Відповідно до рівняння (1) можна записати:

$$R = \frac{\rho_{\Pi} v^2}{2} A_{OC} - \varepsilon S_{EF} \frac{\rho_{\Pi} v^2}{2} + (1 + \varepsilon) S_{x_{\max}} \frac{\rho_{\Pi} v^2}{2} \varphi(x), \quad (2)$$

де ρ_{Π} , v – густина та швидкість вимірюваної рідини; A_{OC} – коефіцієнт при осьовому зусиллі;

S_{EF} – ефективна площа ЧЕ;

ε – ступінь зниження тиску перед ЧЕ, що залежить від конструктивних особливостей ТПВР;

$S_{x_{\max}}$ – максимальне значення регулюючої площі;

$\varphi(x)$ – функція, яка враховує залежність регулюючого тиску та площі від положення ЧЕ.

Умови рівноваги ЧЕ ТПВР визначаються з умов виникнення регулюючого зусилля. Виходячи з цього ЧЕ при роботі ТПВР може займати осьове положення у діапазоні між двома граничними значеннями, за яких $\varphi(x)=0$ та $\varphi(x)=1$. Отже умови рівноваги гідродинамічно врівноваженого ЧЕ ТПВР можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} R < 0 & \text{при } \varphi(x) = 0 \\ R > 0 & \text{при } \varphi(x) = 1 \end{cases} \quad (3)$$

Враховуючи (2) та (3) для умов рівноваги ЧЕ можна записати:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{\min} > \frac{A_{OC}}{S_{E\Phi}} \\ \varepsilon_{\max} < \frac{A_{OC} + S_{X\max}}{S_{E\Phi} - S_{X\max}} \end{array} \right. \quad (4)$$

Таким чином, повне гідродинамічне врівноваження ЧЕ здійснюється за виконання умов (4) на всіх режимах роботи ТПВР.

Ключові слова: витрата, первинний перетворювач витрат, чутливий елемент, умови рівноваги, гідродинамічне врівноваження чутливого елемента.

УДК 681.121

КОМПЛЕКСНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТ

*Кузьменко П.К., Науково-дослідний Центр “Прилади і системи енергозбереження”
Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

Електромагнітний метод вимірювання витрат дозволяє створювати вимірювальні прилади з високими метрологічними та експлуатаційними характеристиками, стабільністю показів в часі.

Лічильники з електромагнітними витратомірами щонайкраще пристосовані для роботи в теплових мережах і системах гарячого водопостачання. Їм не потрібні фільтри. Ці прилади забезпечують практично нульовий перепад тиску.

Вимірювання витрат рідин електромагнітними методами може бути здійснено як при постійному, так і при змінному збуджуючих магнітних полях. Для вимірювання середовищ з електронною провідністю, до яких відносяться розплавлені рідкі метали, застосовують ЕМВЛ з постійним магнітним полем. Для запобігання поляризації електродів застосовують змінні магнітні поля.

Багаточисельні перешкоди та обмеження, пов’язані з застосуванням змінного магнітного поля, проявляються тим сильніше, чим вище частота поля. Зниження частоти доцільно сполучати з використанням імпульсного живлення електромагнітів від джерела постійного струму.

При рівномірному магнітному полі спостерігається незалежність ЕРС від режимів вісьосиметричного потоку, відсутність паразитної ЕРС від вихрових струмів, зменшення впливу кінцевих ефектів. Але застосування такого поля збільшує масу і габаритні розміри перетворювача витрат і унеможливорює автономність живлення таких витратомірів.

Можливість більш точного вимірювання витрат деформованих потоків, зменшення маси і габаритних розмірів, скорочення необхідних прямих ділянок вірогідна при застосуванні магнітного поля, що задовольняє умову $BW = const$.

Нові конструктивні рішення та математичні методи обробки, в такому випадку, сигналів із застосуванням операційних підсилювачів високої чутливості та мікропроцесорної техніки дозволить суттєво спростити устрій електромагнітних систем.

Ключові слова: електромагнітний витратомір, математична модель.

УДК 536.531:006.354

ОЦІНКА ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛА ЛІЧИЛЬНИКОМ НА БАЗІ ГІДРОДИНАМІЧНОГО ВИТРАТОМІРА

¹)Кулик О.М., ²)Кулик М.П., ¹)НУ “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна; ²)ІМЕ
“Галицька академія”, м. Івано-Франківськ, Україна

На сучасному етапі економія енергетичних ресурсів неможлива без точного вимірювання теплових величин та характеристик, а без високоточного їх вимірювання неможливий комерційний облік тепла 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

$$\Delta\Phi = 0,25\pi D^2 \sqrt{2\rho_0\rho \cdot c \cdot \Delta T}, \quad (1)$$

де ρ_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 нами 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 запропонований лічильник може забезпечити похибку 2 % .

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

УДК 681.121.42

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕПЛОСЧЕТЧИК НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Гришанова И.А., фирма «СЕМПАЛ», г. Киев, Украина

Ультразвуковые расходомеры за последнее годы приковывают к себе все большее внимание, поскольку находят широкое применение во многих областях народного хозяйства. Они с успехом заменяют расходомеры других типов как при измерении жидкостей, так и при измерении газа.

Необходимо отметить, что согласно маркетинговым исследованиям рынок ультразвуковых расходомеров растет намного быстрее, чем рынки других типов приборов учета. Объясняется это тем, что ультразвуковые расходомеры имеют ряд существенных преимуществ над остальными средствами измерения расхода. Так, в отличие от кориолисовых они хорошо работают на трубах больших диаметров; в отличие от электромагнитных могут измерять непроводящие жидкости (нефть и нефтепродукты), а также газ и пар. Ультразвуковые расходомеры лучше вихревых зарекомендовали себя в области измерения малых расходов. Кроме того, они практически не создают падения давления в магистрали и благодаря высокой точности выгодно отличаются от турбинных расходомеров и расходомеров переменного перепада давления.

История создания ультразвуковых расходомеров началась в 1963 г., когда впервые они были представлены в Японии для промышленного применения. С тех пор данные приборы претерпели значительные усовершенствования и сегодня являются одними из наиболее точных и надежных средств измерения

расхода во всем мире. В частности, нашли они свое применение в составе теплосчетчиков.

Фирма «СЕМПАЛ» (производитель ультразвуковых тепловодосчетчиков), занимающая первое место в г. Киеве по числу установленных приборов в течение последних 5 лет, для создания точного и надежного СВТУ-10М выработала комплексный подход. Его особенности заключаются в применении компьютерного моделирования работы расходомера на стадии проектирования с выявлением и учетом всех дестабилизирующих факторов, 100%-ом компьютерном контроле и тестировании всех узлов теплосчетчика на стадии производства с занесением в компьютерную базу всей истории каждого прибора и, наконец, в тщательном подборе элементной базы.

Сегодня выпускаемый ультразвуковой тепловодосчетчик СВТУ-10М имеет динамический диапазон измерения расхода 1:100 и класс точности 1. Его межповерочный интервал составляет 4 года, а срок эксплуатации увеличен до 12 лет. При необходимости СВТУ-10М может быть дополнительно оснащен двумя встроенными независимыми регуляторами температуры, а также встроенным пороговым выходом для управления насосом, что позволит достичь существенной экономии при оплате за тепло, в среднем на 15-20 %.

Ключевые слова: ультразвуковой теплосчетчик, расходомер.

УДК 53.082

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ВТРАТАМИ ТЕПЛА СПОРУДАМИ ТЕПЛОВІЗІЙНИМ ПРИСТРОЄМ

*Голенков О.Г., Кравченко С.Л., Шевчик А.В., Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є.
Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна*

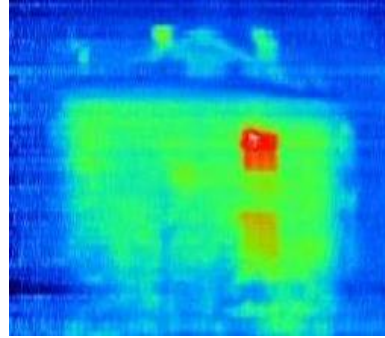
За останні 15-20 років теплобачення вийшло на новий рівень, що обумовило зріст виробництва та широке впровадження тепловізійної техніки у багатьох галузях господарської діяльності, військовій техніці, медицині, тощо.

Головною задачею сьогодення є пошук шляхів збереження природних ресурсів, зниження їх використання, тим самим зменшуючи кількість відходів шкідливих речовин в атмосферу. Важливим питанням є виявлення та діагностика пожежонебезпечних об'єктів, місць втрат теплоресурсів.

Незважаючи на те, що теплобачення за останні роки набуло широкого розвитку, це все більш закордонні прилади, часто недоступні українському споживачеві за ціновим показником.

В інституті фізики напівпровідників був розроблений та створений малогабаритний тепловізор на основі багатоелементного фотоприймального пристрою формату 2×64 з телевізійною частотою кадрів та високою температурною роздільною здатністю ($\Delta T < 0,1$ К). Даний пристрій призначений для реєстрації теплового випромінювання у вигляді

термозображень (термограм), які можуть відтворюватися на стандартному моніторі або накопичуватися у цифровій формі.



Одним із важливих напрямків роботи розробленого тепловізора є виявлення та спостереження за тепловтратами будинків.

На фотографіях, наведених вище, представлений будинок взимку: у видимому діапазоні спектру (ліворуч) та тепловізійне зображення цього ж будинку (праворуч) в райдужній палітрі.

Тепловтрати вікон з дерев'яними рамами на верхньому поверсі значно більші за тепловтрати вікон з металопластиковими рамами на нижніх поверхах. Різниця температур випромінювання цих вікон складає три градуси. Тепловтрати з вікна площиною приблизно 4 м^2 , яке обладнано старими дерев'яними рамами при температурі оточуючого середовища близько 0°C на 50-70 Вт більші, за тепловтрати вікна, яке обладнано метало-пластиковими вікнами. У невеликому 5-ти поверховому будинку таких вікон біля п'ятдесяти. Тобто випромінюється щонайменше 2.5 кВт або близько 60 кіловат-годин на добу.

Ключові слова: тепловізор, термозображення, втрати тепла.

УДК 681.121

ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ПРОЕКТУВАННЯ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ ПАЛИВНОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА ВОДИ НА БАЗІ ПЕРСПЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ

*Коробко І.В., Науково-дослідний центр “Прилади і системи енергозбереження”
Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”,
м. Київ, Україна*

Для вирішення проблем енергозберігаючого комплексу одним з головних і пріоритетних напрямків є створення та впровадження систем обліку і контролю споживання та використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та води.

До теперішнього часу для обліку та контролю витрат ПЕР і води, у більшості випадків, використовуються морально застарілі і недосконалі прилади. У той же час практично не приділяється увага розробці нових, технологічно і конструктивно більш досконалих вітчизняних вимірювальних приладів та систем.

На даний момент практично відсутні розробки зі створення сучасних інтелектуально, технологічно та експлуатаційно досконалих систем контролю та обліку витрат ПЕР та води. В той же час відсутні програмні комплекси

проектування приладів і систем вимірювання витрат ПЕР та води з оптимальними метрологічними та експлуатаційними характеристиками.

В доповіді викладені дослідження направлені на розробку програмного комплексу проектування сучасних вимірювальних приладів і систем контролю витрат та кількості ПЕР та води на базі науково-обґрунтованих методик проектування.

Програмний комплекс розроблено на базі сучасних технологій вимірювання, серед яких тахометричні, електромагнітні та ультразвукові методи вимірювання витрат та кількості і відповідно прилади та системи, що побудовані з використанням цих методів.

Ключові слова: витратомір, лічильник, вода, паливно-енергетичні ресурси.

УДК 681.121

МОДЕЛЮВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА ЗА АЛГОРИТМОМ ТРЕЙСИНГУ ПУЧКУ ПРОМЕНІВ

*Дідковська Г.М., Науково-дослідний центр «Прилади і системи енергозбереження»
Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

В більшості робіт присвячених дослідженню ультразвукових витратомірів (УЗВ) приділяється значна увага розв'язанню проблеми впливу на точність приладу профілю швидкостей та геометрії вимірювальних перетворювачів. В той же час недостатньо досліджень проведено по моделюванню УЗВ з врахуванням особливостей взаємодії пучку променів ультразвукової хвилі з рухомих вимірюваним середовищем.

При побудові математичної моделі УЗВ за звичай використовується припущення, що ультразвукова хвиля розповсюджується вздовж однієї прямої, яка з'єднує приймач та випромінювач. Подібне припущення призводить до внесення неточності в розрахунки тому, що реально випромінювання відбувається всією площею перетворювача і створює конус розсіювання.

В даній роботі пропонується математична модель ультразвукового витратоміра, яка враховує, що поверхня ультразвукового перетворювача випромінює пучок променів.

Чисельне моделювання взаємодії високочастотних акустичних хвиль з рухомих вимірюваним середовищем проводиться за допомогою алгоритму трейсингу пучка променів. Для розв'язання хвильового рівняння розповсюдження стандартного пучка променя використовується припущення гаусовського розподілу променів у пучку, який апроксимується параболою. Використання припущення гаусовського розподілу променів у пучку та не сферична направленість ультразвукового випромінювання дозволяє зменшити час моделювання за рахунок спрощення знаходження власного променя

випромінювання (променя, який безпосередньо з'єднує точки випромінювача та приймача).

Загальний розв'язок для випромінювача з кінцевою площею отримується шляхом накладання променів пучка і відповідає кожному променю з пучку, який має гаусовську амплітуду нормальну по відношенню до самого променя.

Використання алгоритму трейсингу ультразвукового пучка променів дозволяє побудувати уточнену математичну модель УЗВ, яка враховує взаємодію ультразвукової хвилі з рухомим вимірюваним середовищем, параметри вимірюваного середовища, параметри трубопроводу, геометричні параметри перетворювачів, що дає можливість використання побудованої моделі в системах проектування УЗВ.

Ключові слова: ультразвуковий витратомір, лічильник, математична модель, алгоритм трейсингу пучка променів.

УДК 681.21

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ZIGBEE СТАНДАРТА IEEE802.15.4 В ПРИБОРАХ УЧЕТА РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

*Лысенко А.Н., Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

Бурный рост микропроцессорных и радиотрансиверных технологий с одновременным снижением их стоимости позволяет отказаться от проводных решений при построении различных приборов учета расхода энергоресурсов. Важным аспектом их реализации является стандартизация протокола передачи данных, что делает такой прибор открытым и совместимым с изделиями других производителей.

Появление технологии ZigBee на базе стандарта IEEE802.15, которая заняла нишу радиоинтерфейсов для низкоскоростных приложений с крайне малым энергопотреблением, решило указанную выше проблему и создало предпосылки для разработки изделий с новыми потребительскими качествами. Стало возможным обеспечивать не только дистанционный съём показаний расхода энергоресурсов, но и осуществлять по радиоканалу контроль состояния изделий, а также строить на их основе различные сетевые решения («точка» - «точка», «звезда» и др.).

Основой для реализации ZigBee-радиоканала является тандем «микроконтроллер (МК) – радиотрансивер». В работе рассматривается созданный в лаборатории диагностических средств кафедры ПСОН НТУУ «КПИ» универсальный миниатюрный ZigBee-модуль на базе микромощного МК серии MSP430 и радиотрансивера CC2420 фирмы Texas Instruments, который может встраиваться в расходомеры, счетчики и др. изделия учета расхода энергоресурсов для решения задач обработки и беспроводного обмена.

Основные параметры и характеристики ZigBee-модуля:

- максимальная скорость передачи данных - 250 Кбод на частоте 2,4 ГГц;
- тип МК: MSP430F149, 2К ОЗУ, 60К Flash ПЗУ;
- максимальная дальность устойчивой работы модуля (с интегральной антенной): 40 м при работе в помещении и 90 м в условиях прямой видимости;
- диапазон питающих напряжений от 2,1 до 3,6 В (две батареи типа АА по 1,5 В либо два аккумулятора типа АА по 1,2 В);
- ток потребления: 19,6 мА при непрерывной передаче данных и 21,6 мА при непрерывном приеме;
- программирование МК через JTAG интерфейс;
- габаритные размеры модуля – 34 x 34 x 8 мм.

Применение в модуле МК серии MSP430 является наиболее предпочтительным исходя из наличия в данном семействе специализированных ИС для построения на одном кристалле приборов учета расхода электроэнергии (MSP430FE42х), воды и тепла (MSP430FW42х).

Ключевые слова: учет, расход энергоресурсов, радиотрансивер, ZigBee, MSP430, CC2420.

УДК 621.382.049.77

ОТЛАДКА РАДИОКАНАЛА В СИСТЕМАХ УЧЁТА РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ОСНОВЕ ZIGBEE-ТРАНСИВЕРА CC2420

*Мережаный П.Г., Национальный технический университет Украины
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

В связи с появлением на мировом рынке новой технологии беспроводной передачи данных – ZigBee, заполнившей ранее пустовавшую нишу низкоскоростных малопотребляющих приложений, актуальной и важной стала задача освоения средств отладки упомянутого радиоинтерфейса. Наибольшее распространение в настоящее время получили радиотрансиверы фирм Freescale и Chipcon-PI, при этом каждый из производителей предлагает свой набор отладочных средств.

В настоящей работе рассматриваются оценочный модуль Tmote sky и отладочная система CC2420DK на базе радиотрансивера CC2420.

Модуль Tmote sky фирмы Motiv Co (США) содержит помимо указанного радиотрансивера микромощный RISC-микроконтроллер MSP430F1611 и интегрированную антенну, обеспечивающую стабильную связь в радиусе до 125 м. Кроме этого, на модуле расположены датчики влажности, температуры, света, элементы клавиатуры и точечной индикации. Программирование микроконтроллера обеспечивается через USB-интерфейс компьютера или непосредственно через JTAG-разъём, а его питание – через USB или от двух батарей типа АА по 1,5 В каждая. В комплекте с модулем поставляется программное обеспечение TinyOS, представляющее собой консольное

приложение с возможностью внутрисхемного программирования микроконтроллера MSP430. Наличие в модуле перечисленных компонентов позволяет его использовать для оценки эффективности работы радиоканала в различных системах учёта расхода энергоресурсов.

Отладочная система CC2420DK фирмы Texas Instruments (США) включает в себя модуль CC2400EB с трансивером CC2420 и антенной и предусматривает возможность подключения внешнего Starter Kit'a. Система содержит минимальные элементы клавиатуры и индикации, а также разъемы USB и RS232 для подключения к компьютеру. Вместе с модулем в отладочный комплект входят программы: SmartRF Studio, осуществляющая управление всей системой, и Packet Sniffer, предназначенная для "прослушивания" радиоэфира на частотах, используемых стандартом ZigBee.

Выше перечисленные средства успешно прошли апробацию в лаборатории диагностических средств приборостроительного факультета при создании и отладке отечественного ZigBee-модуля LDS.

Ключевые слова: радиосвязь, ZIGBEE, CC2420, MSP430, TMOTE SKY, CC2420DK.

УДК 681.121

ТЕПЛОСЧЁТЧИК ЧЕТВЁРТОГО ПОКОЛЕНИЯ “СУПЕРКОМ 01-1”

¹⁾Головачёв П.Г., ²⁾Кузьменко П.К., ¹⁾Научно-производственное предприятие “Техприлад”, г. Киев, Украина; ²⁾Научно-исследовательский центр “Приборы и системы энергосбережения” Национального технического университета Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

Теплосчётчик предназначен для измерения количества отпущенного (потреблённого) тепла, объёма (массы) теплоносителя в двух отдельных системах теплоснабжения, при этом в каждой из них работать по схеме, как для открытого, так и для закрытого контура. Высокий класс точности (2,5) при продолжительной работе (до 6 лет) от источника внутреннего питания – отличительная особенность энергосберегающего оборудования и систем измерения нового поколения.

В состав теплосчётчика входят:

- тепловычислитель SKS-3;
- от одного до пяти счетчиков горячей (холодной) воды;
- одна или две подобранных пары термопреобразователей сопротивления.

Каналы измерения расхода, температуры, давления, не используемые при измерении тепловой энергии, могут применяться для контроля других параметров, в зависимости от конфигурации системы отопления и формул расчёта тепловой энергии.

Тепловычислитель SKS-3 (НВП “Техприлад”) фактически представляет собой два тепловычислителя в одном. Одновременная возможность измерения

и регистрирования результатов измерения двух систем отопления (до пяти каналов измерения температуры и расхода, до двух каналов измерения давления) – одно из ощутимых функциональных преимуществ теплосчетчиков данного поколения.

Конструкция тепловычислителя обеспечивает возможность дистанционной передачи измерительной и архивной информации с использованием интерфейса M-Bus.

Водосчётчик 2WR7 (Landis+Gyr GmbH) отличается цельнометаллическим прочным исполнением, что гарантирует большую долговечность и износостойкость. Благодаря специальной конструкции ультразвукового преобразователя, он не подвержен абразивному износу и нечувствителен к гидроударам.

Запатентованный принцип измерения (helix) обеспечивает: точность измерения, независимость показаний от профиля скоростей, отсутствие зон успокоения потока. Автоматическая коррекция ультразвукового сигнала обеспечивает постоянство качества сигнала и точность измерений.

Ключевые слова: теплосчетчик нового поколения, ультразвуковой метод измерения.

УДК 681.121

ОБЛІК ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЯК ОСНОВА ЙОГО ОЩАДЛИВОГО ВИКОРИСТАННЯ

*Чеховський С.А., Середюк О.Є., Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Аналіз причин втрат природного газу і розробка шляхів його цільового економного використання були і залишаються об'єктом прискіпливої уваги багатьох дослідників, про що свідчать численні наукові публікації.

У роботі зроблена спроба аналізу дієвості створення і впровадження засобів метрологічного забезпечення обліку природного газу на його раціональне використання.

У якості об'єкта дослідження авторами використано облік газу у побуті, оскільки саме тут відносно найбільше споживання газу, а також достатньо висока і очевидна ефективність від зростання кількості засобів обліку [1].

Питання метрологічного забезпечення побутових лічильників газу (ПЛГ) під час їх виготовлення можна вважати в основному вирішеним. Водночас останніми роками все більшої актуальності набуває питання повірки (ПЛГ), так як багато з них вже відпрацювали регламентований чинними документами України термін.

Науковцями ІФНТУНГ розроблений портативний пристрій для бездемонтажного діагностування ПЛГ на місці експлуатації. Особливістю

розробленого засобу є його переносний варіант конструкції у вигляді логічно завершеного єдиного пристрою.

Серед новітніх технічних рішень, за допомогою яких відкриваються можливості як повірки ПЛГ так і їх метрологічного забезпечення на заводах-виготовлювачах можуть бути мобільні повірочні установки на базі критичних сопел для приладів обліку газу в мережах низького тиску. Основний вузол цих засобів – критичні сопла – характеризуються достатньо високою можливістю забезпечення точності вимірювання і стабільності відтворення об’ємних витрат газу, так як в них відсутні будь-які рухомі елементи і згідно принципу дії об’ємна витрата газу при критичних режимах течії визначається його конструкцією, геометричними розмірами і не залежить від тиску після сопла. Запропоновано нове технічне рішення установок, якій були би властиві всі переваги вимірювання критичними витратомірами і водночас було би можливим її функціонування в мережах низького тиску, чим досягається повірка засобів обліку газу, які експлуатуються відповідно при низьких тисках.

Ключові слова: облік газу, метрологічне забезпечення, критичне сопло.

Література.

1. Гончарук М.І., Чеховський С.А., Середюк О.Є. Рациональное використання природного газу як одна із складових збереження його ресурсів//Нафтова і газова промисловість.– 2005.–№ 2. – С. 3–10.

УДК 681.121

ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ОБ’ЄМУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЛІЧИЛЬНИКАМИ

Крук І.С., ДК “Укртрансгаз”, м. Київ, Україна

Для вимірювання витрати та кількості природного газу крім методу змінного перепаду тиску широкого застосування набули об’ємні лічильники газу з обчислювачами-коректорами. Відомо, що лічильники вимірюють об’єм природного газу V_0 при абсолютному тиску P і температурі T ($T = t + 273,15$, де t – температура газу в $^{\circ}\text{C}$).

Для приведення об’єму природного газу V_0 до стандартних умов вимірювання, тобто до абсолютного тиску $P_c = 101,325$ кПа, температури $T_c = 293,15$ К і відносної вологості $\phi = 0$ % при виміряних абсолютному тиску P і температурі T , необхідно використовувати такі основні формули як

$$V_c = V_0 \frac{T_c}{T} \frac{P}{P_c} \frac{1}{K}; \quad (1)$$

або

$$V_c = V_0 \frac{T_c}{T} \frac{P}{P_c} \frac{Z_c}{Z}, \quad (2)$$

де, крім відомих: K – коефіцієнт стисливості природного газу, який розраховують у залежності від компонентного складу газу, вираженого

молярними частками X_i , густини газу в стандартних умовах вимірювання ρ_c , тиску P і температури T відповідно до вибраних методу NX – 19 мод., або за рівняння стану GERG-91 мод. ($K = Z / Z_c$, де Z і Z_c – відповідно фактори стисливості газу в робочих і стандартних умовах вимірювання).

Виходячи із (1) і (2), можемо записати вирази для визначення відносної похибки вимірювання об'єму газу V_c при стандартних умовах вимірювання δ_{V_c}

$$\delta_{V_c} = (\delta_{V_o}^2 + \delta_P^2 + \delta_T^2 + \delta_K^2 + \delta_{R_p}^2)^{0,5}; \quad (3)$$

або

$$\delta_{V_c} = (\delta_{V_o}^2 + \delta_P^2 + \delta_T^2 + \delta_{Z_c}^2 + \delta_Z^2 + \delta_{K_p}^2)^{0,5}; \quad (4)$$

де δ_{V_o} – відносна похибка вимірювання об'єму газу V_o при робочих умовах вимірювання; δ_P і δ_T – відповідно відносні похибки вимірювання абсолютного тиску P і температури T ; δ_{Z_c} і δ_Z – відповідно відносні похибки визначення фактора стисливості газу при стандартних і робочих умовах вимірювання; δ_{K_p} – відносна похибка обчислення об'єму газу обчислювачем- коректором; δ_K – відносна похибка визначення коефіцієнта K .

Похибку δ_{V_o} можна визначити за виразом

$$\delta_{V_o} = (\delta_{V_{o\pi}}^2 + \delta_{P_\pi}^2 + \delta_{T_\pi}^2 + \delta_L^2)^{0,5}, \quad (5)$$

де $\delta_{V_{o\pi}}$ – основна приведена похибка лічильника при вимірюванні витрати газу q_V у межах діапазону вимірювання від $q_{V_{MIN}}$ до $q_{V_{MAX}}$ в умовах його повірки;

δ_{P_π} і δ_{T_π} – додаткові відносні приведені похибки вимірювання температури δ_{T_π} і тиску δ_{P_π} при повірці лічильника на еталонному стенді;

δ_L – додаткова відносна похибка лічильника при перевірці його на еталонному стенді.

Ключові слова: лічильник, об'єм газу при стандартних умовах, похибка вимірювання, фактор і коефіцієнт стисливості, вологість, обчислювач-коректор.

УДК 681.121

АНАЛІЗ СКЛАДОВИХ ПОХИБКИ ВУЗЛА ПЕРЕТВОРЕННЯ ТАХОМЕТРИЧНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

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

Тахометричні лічильники газу (турбінні, роторні, барабанні) різних типів в переважній більшості комплектуються вузлами перетворення вимірювальної інформації, які реалізуються з використанням герконових, магнітоіндуктивних та оптичних давачів. Застосування такого вузла в лічильниках газу збільшує

його функціональні можливості, але при цьому також зростає його інструментальна похибка.

Похибка вузла перетворення тахометричних лічильників газу містить систематичну та випадкову складову. В систематичну складову входять: інструментальна похибка давача, похибка від невірнього монтажу давача, похибка від нестабільності частоти проходження імпульсів, а також динамічної похибки, яка виникає при різких коливаннях витрати газу. В склад систематичної складової входить також методична похибка, яка залежить від способу цифрової обробки імпульсного сигналу.

Джерелами випадкової похибки може бути нестабільність джерела живлення давача, вібрація, похибка від зміщення давача тощо.

У деяких типах турбінних лічильників газу передбачено можливість використання 2-ох або 3-ох давачів розміщених для зняття інформації з турбінного та контрольного коліс. Така комплектація підвищує надійність вузла перетворення, але збільшує його похибку.

Однак при використанні конструкції вузла перетворення, в якому отвори або інші мітки на контрольованому колесі розміщені у відповідності до квазітрійково маніпульованих елементів кодової послідовності базису Галуа, можна суттєво зменшити похибку вузла перетворення, використовуючи при цьому три давачі.

Така конструкція вузла перетворення дозволяє реалізувати вихідний сигнал у вигляді циклічного коду з достатньо великим ступенем захисту від завад та самосинхронізацією. Завдяки цьому можна виключити вплив основних джерел випадкової похибки та зменшити систематичні складові похибки, зокрема методичну похибку вузла перетворення.

При використанні тахометричних лічильників газу з вузлами перетворення на основі квазітрійково маніпульованих елементів кодової послідовності базису Галуа в інформаційно – вимірювальних каналах автоматизованих систем обліку газу похибка декодування вимірювальної інформації прямує до нуля. При передачі вимірювальної інформації в унітарному коді існує можливість виникнення похибки від завад в каналі зв'язку.

Ключові слова: систематична похибка, код Галуа, вузол перетворення, лічильник газу, давач.

УДК 681.121

**РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО ГАЗА
И РАБОЧИХ УСЛОВИЙ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУРБИННЫХ СЧЕТЧИКОВ ГАЗА ПО
СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ УСЛОВИЯМИ ИХ ПОВЕРКИ НА
ВОЗДУХЕ**

¹⁾Власюк Я.М., ²⁾Осиевский В.А., ³⁾Яцевский В.А., ³⁾Круковский П.Г., ³⁾Полубинский

А.С., ³⁾Пархоменко Г.А., ¹⁾НАК «Нефтегаз Украины», м. Киев, Украина; ²⁾ДК «Газ Украины», м. Киев, Украина; ³⁾Институт технической теплофизики НАН Украины, м. Киев, Украина

Одним из возможных путей дальнейшего повышения точности учета природного газа при измерении турбинными расходомерами является определение дополнительных погрешностей за счет разницы физических свойств воздуха, используемого при их поверке (плотность, вязкость и др. при стандартных условиях) и параметров природного газа при рабочих условиях измерений (давление, температура и др.).

В работе приводятся расчетные модели, основанные на CFD (Computational Fluid Dynamics) технологиях, и методики расчета метрологических характеристики турбинных счетчиков газа в широком диапазоне рабочих условий измерения природного газа при использовании экспериментальных тарировочных данных, полученных в узком диапазоне рабочих условий, что дает возможность сокращения объема экспериментальных тарировочных работ для отдельных типоразмеров счетчиков и повышения точности измерений.

Разработанные авторами CFD модели и методики позволяют достаточно полно и детально анализировать поля давления, скоростей и температур, исследовать статические и динамические характеристики расходомеров, оптимизировать параметры приборов и их отдельных конструктивных деталей, и, в конечном итоге, прогнозировать метрологические характеристики расходомеров в реальных условиях эксплуатации.

CFD технологии основываются на использовании общепризнанных сертифицированных согласно с мировыми стандартами программных комплексов известных фирм для разработки, как правило, трехмерной цифровой сеточной модели расходомера, описании его взаимодействия с движущейся измеряемой средой (газом или жидкостью) полной системой дифференциальных уравнений Навье-Стокса, дополненной уравнениями состояния газа, начальными и граничными условиями и системой уравнений, которая описывает турбулентные свойства среды, решении уравнений современными апробированными численными методами (метод контрольного объема) и трехмерной цветной визуализацией полученных результатов с возможностью вращения и масштабирования как объекта в целом, так и отдельных частей, которые интересуют исследователя.

Ключевые слова: турбинные расходомеры, компьютерное моделирование, CFD- модели и технологии, точность измерений расхода, влияние природы газа и давления.

УДК 658.562:681.121

ЗАСТОСУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОВОЇ

ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Петришин І.С., Петришин Н.І., Середюк Д.О., ДП “Івано-
Франківськстандартметрологія”, м. Івано-Франківськ, Україна*

Умови експлуатації газової витратовимірювальної техніки (ГВВТ) є одним із найважливіших факторів які впливають на збереження працездатності та надійності їх роботи. За категорією стабільності умов експлуатації згідно класифікації ГВВТ відносять до магістрального характеру використання в напруженому режимі роботи. Для цих об'єктів основними впливовими факторами будуть випадкові зовнішні механічні, кліматичні та енергетичні впливи, внутрішні технологічні впливи та конструктивні особливості ГВВТ.

На основі аналізу впливових факторів встановлено, що причин появи дефектів ГВВТ в експлуатації є досить багато і впливають вони на надійність по різному. Одні з них суттєво впливають на подальшу працездатність ГВВТ, тоді як інші, які теоретично також вважаються важливими, насправді не роблять істотного впливу, якщо належним чином контролюються. Для виявлення причин дефектів авторами проаналізовано відмови 56-ти роторних лічильників газу в 2003-2005 р.р. одного з вітчизняних виробників цих засобів обліку.

На основі аналізу була побудована діаграма Парето та кумулятивна крива Лоренца і за “правилом 80/20” розділено дефекти на значні, тобто такі, які трапляються найчастіше (так звані “нечисленні істотно важливі”), і на незначні, які трапляються рідко (так звані “численно несуттєві”).

В подальшому для “нечисленно істотно важливих” дефектів (трьох видів) були на основі аналізу впливових факторів була побудована причинно-наслідкова діаграма Ісікави, встановлені потенційно можливі причини цих дефектів, детальний аналіз яких кваліфікованими експертами дозволив виокремити найвагоміші чинники.

Так, наприклад, причиною виходу із ладу підшипників в місцях посадки їх в тіло ротора, були внутрішні технологічні впливи, а саме, пневмодари, які виникали внаслідок нерівномірного відбору споживачами газу протягом доби, а також різкого стравлювання газу контуром газорозподільчої станції. Усунення цих причин дозволило підвищити надійність роторних лічильників газу в процесі експлуатації.

Ключові слова: газовитратовимірювальна техніка, впливові фактори, діаграма Парето, діаграма Ісікави.

УДК 681.121./123

ПОЛНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ГАЗА НА БАЗЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВЫЧИЛИТЕЛЯ РАСХОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА УТГ-1

*Пономарев Ю.В., Гринченко К.Н., Шевелев Ю.А., НИПИАСУтрансгаз,
г. Харьков, Украина*

Учет природного газа – одна из наиважнейших задач не только газовой отрасли, но и всей промышленности Украины, что связано с резким повышением цены природного газа. Этой задаче уделяется самое серьезное внимание как со стороны потребителей и поставщиков (подразделения НАК «Нафтогаз Украины»), так и со стороны правительства.

К учету природного газа выдвигается целый ряд важных требований: высокая точность измерений и расчета расхода и объема природного газа, достоверность и безопасность измерения, безотказная работа программно-аппаратных средств, полностью автоматическое функционирование, обеспечение автоматизации вспомогательных технологических процессов.

Ядром системы учета газ является автоматический вычислитель расхода и объема газа. На рынке Украины присутствуют ряд вычислителей отечественного и зарубежного производства, но лучшим по точности, надежности и функциональности является вычислитель нового поколения УТГ-1.

Разработанный по заданию ДК «Укртрансгаз» институтом НИПИАСУтрансгаз на современной элементной базе с использованием 10-летнего опыта эксплуатации вычислителей, УТГ-1 позволяет вести учет по вплоть до девяти измерительным трубопроводам (как на базе диафрагм, так и в качестве корректора для турбинных, роторных и других типов счетчиков) и производить одновременный расчет расхода и энергии газа по различным алгоритмам. Новый вычислитель обеспечивает работу как во взрывоопасных, так и во взрывобезопасных зонах, обладает большим набором входных сигналов и коммуникационных портов и позволяет использовать весь парк датчиков, уже имеющихся на предприятии.

Вычислитель УТГ-1 имеет повышенную точность измерений и расчетов, высокую степень достоверности коммерческой информации, мощную систему защиты от несанкционированного доступа и высокие эксплуатационные характеристики.

На базе УТГ-1 возможна полная автоматизация узла учета газа. Кроме непосредственных измерений для вычисления расхода УТГ-1 может контролировать до восьми дискретных параметров, до 12 аналоговых, а также параметры, поступающие по цифровым входам. Возможен контроль состояния и управление системами электропитания, подогрева, кондиционирования, аварийной, охранной и пожарной сигнализации.

Ключевые слова: расход газа, вычислитель, автоматизация, УТГ-1.

УДК 681.325

СИСТЕМА БЕЗПРОВІДНОГО КОНТРОЛЮ ВИТАТИ ЕНЕРГОНОСІЇВ НА ОСНОВІ ШИРОКОСМУГОВИХ КАНАЛІВ ЗІ ЗМІННОЮ ЕНТРОПІЄЮ РОЗПОДІЛУ ІМОВІРНОСТЕЙ СТАНІВ

*Мельничук С.І., Козленко М.І., Івано-Франківський національний державний технічний
університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Однією з проблеми реалізації автоматизованих систем контролю витрати енергоносіїв (електроенергії, газу, води) в побутовому секторі ускладнюється відсутністю відповідних інформаційних каналів в первинних перетворювачах, а також розподіленістю розташування таких пристроїв. В цій ситуації найефективнішим є застосування інспекційного методу збору даних з передаванням інформації по безпроводному каналу. При застосуванні згаданого підходу відсутня потреба у візуальному контакті з перетворювачем (лічильником). Всю необхідну інформацію інспектор може отримати не порушуючи прав приватної власності споживача.

Одним з перспективних шляхів реалізації безпроводних каналів обміну даними є використання інтегральної або імовірнісної характеристики, як носія, що відображає інформаційне повідомлення, на протязі заданого проміжку часу (символьного інтервалу), а не його форми. Такий підхід дозволяє відмовитись від використання складних псевдовипадкових (фактично детермінованих форм) сигналів і, як наслідок, відмовитись від зберігання описів сигналів на стороні приймання.

Використання не детермінованих, чисто стохастичних процесів, при формуванні ширококугових сигналів дещо спрощує апаратну реалізацію, проте їх приймання та подальшу обробку доцільно реалізовувати на основі статистичних оцінок – інтегральних чи імовірнісних характеристик, що фактично є наслідком спрощення реалізації. В якості такої імовірнісної характеристики можна використовувати спектральний розподіл енергії, дисперсію, а також ентропію, що визначається по кінцевому проміжку часу.

Суть запропонованого методу полягає в тому, що для формування ширококугових сигналів використано процеси, ентропія розподілу ймовірностей станів яких ставиться у відповідність до елементів повідомлення, яке передається.

Сформований таким чином сигнал приводить до зміни сумарної ентропії в інформаційному каналі. Виділення корисної інформації із ширококугового сигналу на стороні приймання здійснюється на основі статистичного аналізу зміни його ентропії.

Застосування ширококугових методів передавання даних, що ґрунтуються на зміні ентропії сигналів задіяного каналу не дозволяє виявити наявність сеансу зв'язку традиційними пристроями, що забезпечує скритність

передавання, а також не вносить перешкод в приймання інформації традиційними пристроями.

Ключові слова: перетворювач, широкосмугові сигнали, ентропія.

УДК 004.942

**ПРОГРАМНЕ ТА АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЧИСЛОВОГО
ЕКСПЕРИМЕНТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ**

*Піндус Н.М., Белей С.М., Остапів В.В., Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Актуальною проблемою сьогодення є підвищення точності і збіжності вимірювань, розв’язання якої можливе шляхом широкого використання засобів обчислювальної техніки, що дозволяє проводити складні обчислення з високою швидкістю та точністю. Сказане стосується в першу чергу метрологічної оцінки результатів вимірювань, в тому числі як оцінки похибки засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), так і статистичною обробкою складних багатофакторних експериментів, що має місце в процесі обліку енергоносіїв. Отже, володіючи певною апріорною інформацією про об’єкт дослідження та вплив на нього збурюючих факторів, можна створити віртуальну модель ЗВТ.

В [1] розглянуто спосіб побудови системи з використанням віртуальних еталонів. Ця система дозволяє забезпечити перевірку ЗВТ без використання фізичного еталонного пристрою, використовуючи натомість його математичну модель.

Створена на базі вищезгаданих ідей система [2] та подібні їй забезпечують виключення не тільки випадкової, але й систематичної похибки і значне підвищення точності отриманих результатів без підвищення точності ЗВТ.

В роботі розглянута система, призначена, в основному для використання в навчальних цілях що не потребує забезпечення високої точності, проте при її розробці автори намагалися добитися універсальності, сумісності з широким спектром вимірювальних перетворювачів різних фізичних величин. Цього досягнуто шляхом використання стандартних перетворювачів у поєднанні з їх віртуальною реалізацією та програмного забезпечення алгоритму обробки результатів.

Програмна складова системи містить також можливість аналізу результатів багатократних вимірювань з метою визначення виду закону розподілу величин і підвищення точності вимірювань.

Використання віртуальних технологій дозволяє знизити вартість обладнання і підвищити ефективність роботи шляхом впровадження автоматизації процесу перевірки і прийняття рішень про придатність ЗВТ до експлуатації.

Ключові слова: математична модель, віртуальні технології, метрологічне забезпечення.

Література.

1. А.с. 2259012 РФ. Автоматизированная контрольно-поверочная аппаратура /В.А. Сухолишко.
2. Ермишин С.М., Шабанов П.Г. Виртуальные эталоны – новый класс виртуальных приборов // Автоматизация в промышленности. –2005. – №10.

УДК 622.279.72:62-52(047)

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СЕПАРАЦІЇ
ГАЗУ З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ОБЛІКУ ЕНЕРГОНОСІЇВ**

*Горбійчук М.І., Кулинин Н.Л., Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Для газоконденсатних покладів Східних регіонів України актуальною задачею є ефективне виділення всіх супутніх висококиплячих і дегідрації газоконденсату. Така вуглеводнева суміш метанового ряду (від C_3 до C_5) є нестабільною і легко змінює свій фазовий стан, що викликає значні ускладнення в роботі газопроводів, несучи загрозу конденсації на стінках та утворення пробки. На практиці цю задачу підготовки сирого газу відповідної якості, для забезпечення умов транспортування по магістральним газопроводам, вирішують за допомогою процесу низькотемпературної сепарації (НТС).

Однією з основних технологічних проблем процесу НТС є збереження матеріального балансу рідкої і газової фаз в сепараторі 2-ої ступені, що при заданих температурі і тиску залежать тільки від складу вхідної суміші. Некерована зміна будь-якого з цих параметрів призводить до зменшення питомої кількості та ступені виділення цільових компонентів.

Авторами була розроблена математична модель НТС газу з метою оптимізації та вдосконалення системи автоматичного керування процесом. Розроблена модель є лінеаризована і подана у матричній формі.

На основі рівнянь матеріального балансу рідкої і газової фаз сепаратора 2-ої ступені проаналізовано статику і динаміку процесу.

$$\frac{d\bar{x}}{dt} = A\bar{x} + B\bar{u} + G\bar{\xi},$$

де $\bar{x} = (x_1, x_2)$ - вектор фазових змінних; $\bar{u} = (u_1, u_2)$ - вектор керуючих впливів; $\bar{\xi} = (\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ - вектор збурень; A , B , G - матричні коефіцієнти.

Математична модель побудована при наступних припущеннях: температура в сепараторі 2-ої ступені постійна; густина рідкої фази в сепараторі не змінюється з часом; наперед відомий склад газової суміші, яка поступає на НТС і мольна концентрація його компонентів; відома мольна частка конденсату в початковій суміші, яка не змінюється з часом; газ і конденсат підкоряються ідеальним законам. Змінні математичної моделі: вхідні величини – степінь відкриття виконавчих органів; вихідні величини – тиск газу і рівень рідкої фази

в сепараторі; збурення – тиск в трубопроводах на виходах і входах в сепараторі 2-ої ступені.

Дана модель може бути використана для вдосконалення системи автоматичного регулювання процесом для ефективнішого виділення цільових компонентів на базі використання сучасних технологій.

Ключові слова: математична модель, контроль, низькотемпературна сепарація газу, система автоматичного керування.

УДК 681.121

ПРИЛАДИ ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

¹⁾Власик Я.М., ²⁾Власюк Л.Я., ¹⁾ НАК “Нафтогаз України”, м. Київ, Україна;

²⁾Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Кількість природного газу, як і іншого товару, при відпуску споживачу визначається деякими засобами вимірювальної техніки. Точність визначення кількості (достовірність обліку) продиктована вартістю товару та рівнем розвитку техніки (оптимальна ціна достовірності).

Абсолютна більшість газовимірювальних станцій, розташованих на території колишнього Радянського Союзу, використовують метод змінного перепаду тиску, і ще десять років тому він був достатньо прогресивним. Загалом похибка становить 1,2 – 5 %.

До важливих недоліків діафрагменних вузлів вимірювання витрати природного газу відносяться заниження ними показів під час експлуатації, які, в основному, виникають внаслідок притуплення кромки діафрагми та забруднення вхідної камери (ці заниження можуть сягати багатьох відсотків). Відсутність метрологічної ув'язки з еталонами витрати (об'єму), наявність в процедурі легалізації діафрагми дій, пов'язаних з суб'єктивними оцінками, приводить до багатьох конфліктних ситуацій, які оцінюються сумами набагато більшими за вартість найсучасніших лічильників.

Часи змінюються, з'являються нові технології. Вже кілька десятків років відомі і використовуються роторні та турбінні лічильники. Розроблені, випробувані та широко впроваджуються вихорові та ультразвукові лічильники природного газу.

Впровадження сучасних точних лічильників природного газу стримується кількома факторами, серед яких один із основних - відсутність належного метрологічного забезпечення.

Концепцією створення єдиної системи обліку природного газу України, схваленої постановою КМУ 21 серпня 2001 року, передбачається:

– впровадження на газовимірювальних, газорозподільних станціях та витратовимірювальних пунктах сучасних високоточних лічильників;

– створення еталонів об'єму та об'ємної витрати природного газу в метрологічному центрі, що створюється в м. Боярка.

До головних особливостей структури комплексу технічних засобів проекту Боярського метрологічного центру необхідно віднести наступне:

- наявність кількох різного типу первинних еталонних установок відтворення і передачі витрати природного газу;
- наявність ряду пересувних (мобільних) еталонів витрати, необхідних для гармонізації з іншими метрологічними центрами та здійснення повірки еталонних установок на місцях їх встановлення;
- наявність ряду стендів повірки та калібрування засобів вимірювання витрати природного газу (робочим середовищем яких є як природний газ, так і повітря), до складу яких включено різного типу робочі еталони;
- наявність високоточних лабораторій вимірювання супутніх фізичних величин (тиск, температура, густина, вологість, склад природного газу), що включають до свого складу первинні еталони.

Ключові слова: природний газ, витрата, метрологічне забезпечення.

УДК 681.121

ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ МАЛОВИТРАТНИХ ЗАСОБІВ ОБЛІКУ ГАЗУ ПО МІСЦЮ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

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

Впродовж останніх років неухильно зростає кількість встановлених у населення побутових лічильників газу (ПЛГ). Однак реалії експлуатації цих приладів обліку газу в Україні показують, що ПЛГ певних типів характеризуються недостатньою точністю в експлуатаційних умовах, свідченням чого є їх бракування при періодичній повірці. Так згідно даних ВАТ “Івано-Франківськгаз” із повірених в 2000-2005рр. ПЛГ 5,2% мембранних з понад 28 тисяч та 90,7% роторних з понад 8 тисяч не відповідають чинним нормативним вимогам України щодо значень метрологічних характеристик.

Аналіз вітчизняної та закордонної нормативної документації показав, що для визначення метрологічних характеристик ПЛГ використовують повірочні та атестаційні установки. В Україні випуском і експлуатацією таких установок займаються: КП “СКБЗА” (м.Івано-Франківськ), ВАТ “Івано-Франківськгаз” (м.Івано-Франківськ), ТзОВ “Самгаз-Рівне” (м.Рівне), НВФ “Темпо” (м.Івано-Франківськ), ДП “Арсенал” (м.Київ), ВКФ “Курс” (м.Дніпропетровськ). Діапазон відтворюваних витрат цими установками становить $(0,016-16)\text{м}^3/\text{год}$ з похибкою до $\pm 0,5\%$. Зазначимо, що робочим середовищем у всіх відомих вітчизняних установках є повітря, а не природний газ. Варіант їх виконання згідно інформаційних джерел не передбачає мобільного виготовлення, тобто потребує демонтажу і транспортування ПЛГ до місця повірки.

Тому доцільним є створення пристрою для контролю маловитратних засобів обліку газу по місцю експлуатації з метою визначення їх похибки в діапазоні робочих витрат, які відповідають порогу чутливості ПЛГ, мінімальній витраті, її подвійному значенню і значенню 20% максимальної витрати для кожного типу ПЛГ.

Розроблений пристрій реалізує метод порівняння значень об'єму газу, відміряного ПЛГ, з об'ємом газу, який розрахований за результатами вимірювань проградуйованого спеціального звужувального пристрою. При цьому значення параметрів тиску і температури газу перед звужувальним пристроєм розраховують шляхом їх вимірювання на ПЛГ з наступним приведенням до умов звужувального пристрою згідно значення відтвореної витрати і технологічних параметрів з'єднувальних трубопроводів між ПЛГ і звужувальним пристроєм.

Основні технічні характеристики пристрою є такими: робоче середовище (природний газ) при надлишкових тисках (0,5-3,5)кПа; значення основної допустимої похибки (не вище $\pm 0,65\%$); можливість контролю ПЛГ типів G1,6; G2,5; G4; G6; мобільність виконання.

Конструкція пристрою захищена заявкою на корисну модель.

Ключові слова: побутовий лічильник газу, природний газ, похибка.

УДК 681.121.001.24:543.544

ПРЕЦИЗИЙНИЙ ЗАДАВАЧ МАЛИХ ВИТРАТ ГАЗУ

¹⁾Теплюх З.М., ¹⁾Ділай І.В., ²⁾Приміський В.П., ¹⁾НУ “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна; ²⁾Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Ощадне використання енергетичних ресурсів, зокрема, природного газу є безпосередньо пов'язаним із застосуванням якісних методів вимірювання витрати (кількості газу), що потребує належного метрологічного забезпечення. Актуальність цього питання зумовлена, в першу чергу, постійним зростанням вартості енергоносіїв.

Перевірку лічильників природного газу у визначених точках діапазону витрат $[Q_{\min}; Q_{\max}]$ здійснюють з допомогою ковпакових установок, проте ці установки не забезпечують перевірку лічильника в околі порогу чутливості (від 0 до $Q_{\min}$). Для вирішення цієї задачі нами розроблені газодинамічні задавачі малих витрат з метою перевірки побутових лічильників природного газу всіх типорозмірів (в діапазоні витрат від десятих до кількох сотень л/год).

Найперспективнішою за точністю виглядає побудова задавача витрати газу-носія на базі набору дросельних елементів з різними провідностями, кожен з яких може брати участь у створенні сумарного потоку на виході задавача. Стабільність заданої витрати визначається в основному якістю застосовуваних засобів стабілізації тисків і температури, а також забезпечується оптимальним

співвідношенням конструктивних характеристик дроселів і стабілізаторів тиску. Калібрування дроселів із строго заданими провідностями здійснене з допомогою плівкового витратоміра, відносна похибка якого є на рівні 0,1%, а також пристрою для встановлення рівності газодинамічних опорів, похибка якого є на рівні 0,001%.

Розроблений макет газодинамічного пристрою дозволяє задавати витрати в діапазоні [0,5...127,5] л/год з дискретністю 0,5 л/год. Задавач побудований на базі 8-ми капілярних елементів з електромагнітними клапанами, які забезпечують відповідно такі витрати {0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64} л/год. Клапани вмикаються мікропроцесором, а для задання потрібного значення витрати розроблений алгоритм автоматичної вибірки ввімкнення капілярів.

Аналогічний підхід застосовано і для побудови задавача газу-носія в хроматографі складу природного газу, що дозволило на порядок підвищити точність задання витрати, а тим самим і точність аналізу.

Розроблені газодинамічні задавачі витрати мають високі експлуатаційні характеристики і можуть бути атестовані з відносною похибкою 0,3%.

Ключові слова: мала витрата, капілярний елемент, газодинамічний опір, кратна провідність.

УДК 658.562:681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОЧИХ ЕТАЛОНІВ ОБ'ЄМУ ГАЗУ РОТОРНОГО ТИПУ

*Петришин І.С., Безгачнюк Я.В., Середюк Д.О., ДП “Івано-
Франківськстандартметрологія”, м. Івано-Франківськ, Україна*

На сьогодні в Україні використовуються робочі еталони об'єму газу турбінного та роторного типів.

Характеристики робочих еталонів об'єму газу повинні бути стабільними в часі і не залежати від місця встановлення еталона, а також від параметрів робочого середовища (тиск, температура, склад, тощо). З практичних міркувань доцільним є широкий діапазон вимірюваних витрат. Робочі еталони турбінного типу мають хорошу повторюваність, але мають вузький діапазон вимірюваних витрат і вид їх градуовальної характеристики залежить від профілю потоку, тобто на неї впливають умови їх встановлення.

Метою роботи є дослідження впливу умов встановлення робочого еталона об'єму газу роторного типу на вид його градуовальної характеристики в процесі метрологічної атестації і перевірки з використанням дзвонових витрато-вимірювальних установок.

Робочим еталонам роторного типу притаманні стабільні метрологічні характеристики та широкий діапазон вимірювань, але вони є джерелом пульсацій. Ефект пульсацій має два негативних фактори.

В першому випадку пульсації призводять до резонансу з приєднувальними трубопроводами, що проявляється у видимих змінах градуовальної характеристики. Тому при градуюванні робочих еталонів роторного типу характер градуовальної кривої завжди буде нелінійним, так як пульсації будуть впливати на постійність тиску і витрати у вимірювальному тракті. Тільки окремі точки характеристики відтворюватимуться із високою точністю. При зміні конфігурації приєднувальних трубопроводів резонансні явища виникатимуть при інших значеннях витрат і градуовальні характеристики будуть відмінні і при цьому похибка градуювання робочого еталона зросте на $0,3 \div 0,5\%$, що в свою чергу не припустимо для робочих еталонів.

У другому випадку пульсації повторюватимуть збурення потоку, що буде мати негативний вплив на лічильник, який повіряється.

Авторами проведено серію досліджень робочих еталонів роторного типу на дзвонових витратовимірювальних установках з різними технічними характеристиками (мірний об'єм, робочий тиск) при різних конфігураціях приєднувальних трубопроводів та з використанням різних пристроїв демпфування пульсацій і встановлені ідентифікаційні ознаки резонансних явищ.

Ключові слова: робочий еталон, дзвонова витратовимірювальна установка, резонансні явища.

УДК 681.121.089

УДОСКОНАЛЕННЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПОСЕРЕДКОВАНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ

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

Аналіз сучасних тенденцій застосування і розвитку еталонної вимірювальної техніки для випробування лічильників газу показує, що все більшої актуальності набувають PVT-установки з використанням опосередкованого методу вимірювання витрати.

Суть методу полягає у визначенні витрати газу, що витікає із попередньо наповненої стисненим робочим газом каліброваної ємності високого тиску, в якій вимірюють протягом певного проміжку часу тиск і температуру газу. Далі за відомими значеннями об'єму ємності і коефіцієнта стисливості робочого середовища обчислюють зміну маси газу за період його витікання через досліджуваний прилад і розраховують об'єм газу, який протік через нього.

Відомі роботи щодо дослідження цього методу присвячені переважно вдосконаленню алгоритму роботи установок і не конкретизують конструктивних особливостей їх побудови, які можуть суттєво впливати на метрологічні характеристики.

Метою даної роботи є узагальнення і розробка концептуального підходу до напрямків удосконалення установок РVT-типу.

За результатами проведених теоретико-експериментальних досліджень вищеохарактеризованих установок сформульовані такі основні конструктивні шляхи їх вдосконалення:

- проведення попередньої підготовки робочого середовища, наприклад його додатковим осушуванням і очищенням від механічних домішок;
- розробка конструктивних вдосконалень установки з метою стабілізації термогазодинамічних параметрів, і зокрема перш за все усунення градієнта температури всередині ємності при підготовчому і випробувальному циклах;
- запровадження спеціального алгоритму функціонування перекривних пристроїв (клапанів, регуляторів) з метою зменшення тривалості перехідного процесу установки і коригування при цьому показів лічильника;
- застосування малоінерційних давачів тиску і температури та врахування їхньої похибки в динамічному режимі функціонування;
- застосування природного газу як робочого середовища установки, що забезпечить більш точне і достовірне визначення метрологічних характеристик лічильників газу порівняно з їх дослідженнями на повітрі, як це здійснюється дотепер у вітчизняній практиці;
- технологічне усунення додаткової похибки, яка виникає внаслідок конденсації водяної пари у вузлах і пристроях установки.

Практична реалізація запропонованих шляхів удосконалення установок дозволить підвищити їхню точність на (0,05-0,1)%, чим буде досягнуто покращення метрологічних досліджень лічильників газу.

Ключові слова: РVT-установка, лічильник газу, випробування.

УДК 629

ПОГРЕШНОСТИ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ БИНС МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Еременко А.П., Снигур А.К., Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина

Особенностью судна как подвижного объекта является нестационарность динамических характеристик – моментов инерции, имеющая место при действии регулярного или нерегулярного волнения. Изменение присоединенных масс жидкости и присоединенных моментов инерции на качке обусловлено несколькими факторами:

- 1) изменение площади смоченной поверхности вследствие изменения осадки судна при поступательной вертикальной качке;
- 2) изменение площади смоченной поверхности вследствие наличия волн, то есть отклонения формы поверхности раздела сред жидкость-воздух от плоской;

3) изменение площади смоченной поверхности вследствие отклонения положения судна от вертикали (угловая поперечная и продольная качка).

Рассматривая задачу в линеаризованной постановке, можно утверждать, что суммарное влияние этих факторов на площадь смоченной поверхности будет представлять собой сумму действий факторов по-отдельности.

В работе представлены выражения для изменения присоединенных масс и моментов инерции в зависимости от амплитуды вертикальной качки судна, а также углов ориентации – крена и дифферента

Полная система уравнений качки судна на регулярном волнении в случае нестационарности динамических характеристик принимает вид:

$$\begin{aligned}a_{22}(t)\ddot{\zeta} + b_{22}\dot{\zeta} &= F_2(t); & a_{33}(t)\ddot{\eta} + b_{33}\dot{\eta} + c_{33}(t)\eta &= F_3(t); \\ a_{44}(t)\ddot{\theta} + b_{44}\dot{\theta} + c_{44}\theta &= F_4(t); \\ a_{55}(t)\ddot{\psi} + b_{55}\dot{\psi} + c_{55}(t)\psi &= F_5(t); \\ a_{66}(t)\ddot{\chi} + b_{66}\dot{\chi} + c_{66}(t)\chi &= F_6(t),\end{aligned}$$

здесь a_{ij} , b_{ij} , c_{ij} – коэффициенты дифференциальных уравнений, зависящие от присоединенных масс и моментов инерции, ζ , η – поперечное и вертикальное перемещение начала отсчета связанной с судном системы координат, θ , ψ , χ – углы крена, дифферента и рыскания, $F_j(t)$ – возмущающие силы и моменты.

Наличие нестационарных коэффициентов приводит к изменению траектории движения судна. Как правило, блок чувствительных элементов БИНС отстоит от центра масс. Применяемые в навигационных системах методы коррекции кажущихся ускорений не учитывают нестационарность инерционных характеристик судна. В работе рассмотрены выражения для кажущихся ускорений в точке расположения блока чувствительных элементов с учетом этой нестационарности и погрешности, возникающие при ее неучете в процессе коррекции кажущихся ускорений.

Ключевые слова: кажущееся ускорение, центр масс, регулярное волнение, нестационарность инерционных характеристик.

УДК 629.1.05

О ВЛИЯНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТОЧНОСТЬ МОРСКОЙ НАВИГАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ БИНС

Снигур А.К., Национальный университет кораблестроения, г. Николаев, Украина

Для достижения высоких точностей выработки навигационных параметров морских подвижных объектов (МПО) с помощью комплексированных БИНС их необходимо обеспечить разнородными данными, и в первую очередь – геодезическими параметрами.

В работе рассмотрены аспекты связей морской навигации и геодезии.

В настоящее время известно более пятидесяти систем геодезических координат. Навигационные параметры могут определяться в одной системе координат, а использоваться в другой и если не учитывать элементы связи геодезических систем координат, таких как величины больших и малых полуосей, сжатие, координаты центра и углы поворота осей одного земного эллипсоида относительно другого, то методическая погрешность определения места МПО может достигать 100–150 м и более. Определение места МПО по СНС требует знание высоты судовой антенны над земным эллипсоидом, равной сумме высот геоида и антенны над поверхностью океана. Погрешность определения высоты геоида в 1 м вызывает появление методической погрешности определения места до 4 м.

Исследовано влияние точности определения радиуса R места объекта для различных типов референд-эллипсоидов. Максимальная погрешность определения R места наблюдается при геоцентрической широте $\varphi' = 45^\circ$ и для различных референд-эллипсоидов достигает значений 27...36 м.

Гироскопические системы навигации связаны с отвесной линией $\bar{g}$, а геодезические системы с нормалью к земному эллипсоиду $\bar{\gamma}$. Погрешность определения этого отклонения в 1 угл.с вызывает методическую погрешность места 30 м и погрешность курса, равную 1 угл.с на tg широты. В океане отклонение отвесной линии достигает 60 – 90 угл.с и неучет этого параметра приводит к увеличению указанных погрешностей до 1–2 км и 3 угл.мин. соответственно.

Сейчас стоит вопрос об использовании кривизны и кручения нормального сечения геоида, вариаций угловой скорости прецессии и нутации оси вращения Земли. Неучет только движения полюсов вносит методическую погрешность определения места МПО до 15 м.

Таким образом, на пути развития технических средств навигации появился так называемый барьер «геодезической неопределенности». Преодолеть этот барьер можно путем обеспечения морской навигации достоверными данными о геодезических параметрах.

Ключевые слова: геодезия, отклонение, геоид, прецессия, нутация, полюс, нормаль, погрешность, морская навигация, геодезические параметры.