

ВІДГУК  
офіційного опонента на дисертацію  
КУЗЯ Миколи Васильовича “Розвиток метрологічного  
забезпечення експлуатації засобів вимірювань об’єму та витрати газу”  
поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та  
метрологічне забезпечення

**Актуальність теми дисертаційної роботи**

Останнім часом баланс споживання природного газу змістився в сторону комунально-побутового сектору, оскільки споживання цього енергоносія на промислових підприємствах значно знизилося. Тому важливою є проблема підвищення точності обліку газу побутовими лічильниками, які, в переважній більшості, не обладнані засобами корекції температури газу і в яких зовсім відсутні компенсатори його абсолютноного тиску. Поряд з цим на промислових підприємствах облік газу ведеться вимірювальними комплексами у складі лічильників та електронних коректорів об’єму газу, для яких відсутні як технічна база калібрування (повірки) та атестації, так і нормативні документи. Analogічно не забезпечене нормативно-методичними документами програмне забезпечення обчислювальних компонентів робочих еталонів об’єму та об’ємної витрати газу та електронних коректорів і обчислювачів об’єму газу.

Актуальним є вирішення проблеми раціонального використання природного газу може бути досягнуте тільки шляхом розроблення комплексу нормативних та технічних заходів щодо забезпечення високої точності та вірогідності обліку газу. Дисертаційна робота Кузя М.В. присвячена вирішенню цих питань.

Дослідження, що склали основу дисертації, виконані за тематикою ПВНЗ Івано-Франківського університету права імені Короля Данила Галицького, господарською тематикою ПВНЗ „Галицька Академія”, держбюджетною тематикою при виконанні науково-дослідних робіт в Державному підприємстві „Івано-Франківському регіональному науково-виробничому центрі метрології, стандартизації та сертифікації”, а також при реалізації міжнародних проектів Євро-Азійської співдружності державних метрологічних установ (КООМЕТ).

**Аналіз змісту дисертації, повнота викладу в опублікованих працях**

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків та додатків; загальний обсяг з додатками – 310 с.

У **вступі** обґрутовано актуальність теми, визначено мету роботи: розвиток наукових основ метрологічного забезпечення експлуатації засобів вимірювань об’єму та витрати газу, розроблення нових та вдосконалення існуючих методів і засобів вимірювання цих величин, впровадження отриманих результатів у метрологічну практику України при вирішенні проблеми раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Сформульовані задачі досліджень, визначений об’єкт та предмет дослідження, наукова новизна, практична цінність та особистий внесок

здобувача в одержаних результатах, подані відомості про їх публікацію, апробацію та впровадження.

**В першому розділі** автором здійснено аналіз сучасного стану і тенденції розвитку метрологічного забезпечення вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу. Розглянуті нормативно-правові акти забезпечення єдності вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу. Здійснено аналіз сучасного стану нормативно-методичного забезпечення засобів вимірювання об'єму та витрати газу, який включає: аналіз повірочних схем у сфері витратометрії природного газу; аналіз методичного забезпечення еталонних і робочих засобів вимірювань об'єму та витрати газу та аналіз методик тестування програмного забезпечення обчислювального компонента еталонів об'єму та витрати газу. Оцінені тенденції розвитку еталонних та робочих засобів вимірювань об'єму та витрати газу. Проаналізований стан організаційної основи забезпечення єдності вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу, здійснено узагальнення та обґрунтування завдань досліджень.

**В другому розділі** приведені результати теоретичних досліджень спрямованих на удосконалення системи забезпечення єдності вимірювань об'єму та витрати газу, а саме:

- визначені основні напрями удосконалення системи забезпечення єдності вимірювань об'єму та витрати газу та сформульована методика проведення дисертаційного дослідження, що дало можливість обґрунтувати необхідність проведення додаткових наукових досліджень;

- сформовані нормативні вимоги до метрологічних характеристик вимірювальних комплексів об'єму газу, які можуть служити основою для розроблення нормативних документів з технічними вимогами та методичними документами на метрологічну атестацію і калібрування (повірку) цих ЗВТ;

- експериментально визначений вплив наявності програмної та експлуатаційної документації на якісні показники програмних засобів, що дало можливість їх покращення з таких факторів якості, як супроводжуваність, зручність використання, функціональність;

- проведене виокремлення вимірювальних характеристик з якісних показників програмного забезпечення ЗВТ об'єму та витрати природного газу, що дало можливість встановити математичні залежності впливу цих показників на їх метрологічні характеристики;

- знайшла подальший розвиток математична модель електротермічної аналогії, на основі якої розроблено методику зменшення втрат природного газу ще на стадії проектування внутрішньо-будинкових газових мереж, що здатне забезпечити його економію;

- проведенні теоретичні дослідження залежності середньомісячних значень тиску природного газу від температури повітря навколошнього середовища та розроблено метод визначення абсолютноого тиску природного газу на основі вимірювань температури повітря навколошнього середовища, який може послужити основою для розробки методик здійснення корекції показів ЗВТ обліку природного газу в умовах їх експлуатації.

**В третьому розділі** наведені результати роботи з покращення метрологічних характеристик засобів вимірювання об'єму та витрати газу

шляхом удосконалення конструкції і розроблення нових принципів побудови робочих еталонів об'єму і об'ємної витрати газу:

- запропонована модернізація робочих еталонів, що працюють в дискретно-динамічному режимі, шляхом розроблення пристрою компенсації пневмоударів і переведення їх роботи в псевдо-динамічний режим, що забезпечило зменшення складової похибки відтворення одиниць об'єму та витрати газу, від впливу коливання тиску;

- розроблене нове патентозахищене конструктивне рішення підвищення точності відтворення одиниці об'єму газу повірочними установками дзвонового типу, за рахунок зменшення вдвічі градієнта температури повітря під дзвоном і, як наслідок, зменшення СКВ передачі розміру одиниці об'єму та витрати газу;

- розроблені нові технічні принципи побудови повірочних установок з використанням електронного пристрою переривання сигналу, які забезпечують можливість калібрування (повірки), крім лічильників і витратомірів газу, також і вимірювальних комплексів об'єму та витрати газу;

- запропоноване патентозахищене конструктивне рішення робочого еталона еквівалентного рідинно-газового заміщення та визначені його метрологічні характеристики. Використання розробленого робочого еталона дасть змогу здійснювати передавання розміру одиниць об'єму та об'ємної витрати в рамках одного виду вимірювань: від еталонних витратомірів рідини до лічильників та витратомірів газу;

- розроблено патентозахищений компенсатор температури газу, який є новим конструктивним елементом в системі обліку газу, що забезпечує пряму корекцію об'єму газу і компенсацію впливу температури на його вимірюваний об'єм, чим дає змогу підвищити точність і достовірність обліку газу.

**В четвертому розділі** приведені результати розвитку нормативного забезпечення засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу:

- розроблена методологія передавання розмірів одиниць об'єму та витрати лічильникам та витратомірам газу від еталонних витратомірів рідини, яка дає змогу здійснювати передавання розміру одиниці об'єму та об'ємної витрати в рамках одного виду вимірювань: від первинного еталона одиниці об'єму та об'ємної витрати рідини до лічильників та витратомірів рідин та газу, чим забезпечиться єдність вимірювань об'єму та об'ємної витрати рідини та газу у державі;

- розроблено метод прогнозування зміни метрологічних характеристик еталонних лічильників газу впродовж міжповірочного інтервалу, чим забезпечується можливість контролю відповідності характеристик еталонних лічильників газу під час їх експлуатації;

- розроблено метод зменшення втрат природного газу ще на стадії проектування внутрішньо-будинкових газових мереж на основі теплового розрахунку будинкових газопроводів одночасно з гідрравлічним розрахунком, що дає змогу підвищити точність обліку газу при експлуатації будинкових систем газопостачання;

- розроблено метод визначення метрологічних характеристик

обчислювальних компонентів еталонів одиниці об'єму та витрати газу, що дало можливість оцінити похибку обчислювальних компонентів як складову похибки еталонів та сформувати бюджет похибок обчислювальних компонентів еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу, на основі якого можна розробляти методики повірки обчислювальних компонентів еталонів;

- розроблена структура «дерева» метрологічних характеристик обчислювальних компонентів засобів вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу, яка дозволяє здійснювати аналіз складових похибки програмного забезпечення та шляхів їх зменшення;

- розроблено метод оцінки динаміки зміни похибок лічильників газу, який дає можливість оцінити динаміку зміни стабільності метрологічних характеристик роторних і турбінних лічильників газу та спрогнозувати їх метрологічну стабільність на період експлуатації.

**В п'ятому розділі** розроблені шляхи удосконалення методології визначення метрологічних характеристик засобів вимірювань об'єму та витрати газу:

- розроблено метод зведення балансу витрат газу для газозбутових організацій, використання якої для зведення балансу витрат газу в побутових споживачів дасть змогу, впродовж міжповірочного інтервалу, робити висновки про необхідність проведення позачергової повірки лічильника;

- вдосконалено метод врахування параметрів відтворюваного контрольного об'єму дзвонового мірника, що дозволяє усунути методичну складову похибки та покращити метрологічні характеристики еталонів дзвонового типу;

- розроблено метод визначення метрологічних характеристик робочого еталона еквівалентного рідинно-газового заміщення, використання якої дасть змогу здійснювати передавання розміру одиниці об'єму та об'ємної витрати в рамках одного виду вимірювань: від еталонних витратомірів рідини до лічильників та витратомірів газу;

- розроблено метод коригування функціональної залежності похибки побутових мембраних лічильників газу від витрати природного газу на основі зважених річних коефіцієнтів коригування показів лічильників, яка може бути використана сервісними службами з ремонту та обслуговування лічильників газу для зміни передавального відношення шестерень відлікових механізмів лічильників газу.

**В шостому розділі** розроблені організаційні заходи метрологічного забезпечення обліку природного газу:

- розроблено спосіб діагностики лічильників газу в експлуатації з використанням інформативного параметру – втрати тиску газу;

- розроблений патентозахищений температурний метод діагностування побутових лічильників газу, який завдяки своїй реалізації на реальному діючому газопроводі та з використанням реального робочого середовища (природного газу) значно спрощує процедуру без демонтажного діагностування побутових лічильників газу і визначення їх метрологічних характеристик без здійснення матеріально-затратних та вибухонебезпечних операцій;

- розроблена на основі моделювання взаємообліку енергоносіїв (води, електроенергії та природного газу) в побутовому секторі методологія дає змогу коригувати обсяги споживання природного газу у разі відсутності лічильників для його обліку;

- для контролю своєчасності проведення повірочних робіт розроблена діаграма станів з контрольними точками;

- розвинута концепція дистанційної системи збору показів відносно лічильників газу в комунально-побутових споживачів на основі розроблених моделей взаємообліку енергоносіїв.

**Висновки дисертаційної роботи** обґрунтовані, рекомендації базуються на використанні математичних моделей.

Більшість висновків роботи підтвердженні результатами експериментальних досліджень і доведені до промислового втілення, для яких характерна технічна новизна.

#### **У додатках наведені:**

- номенклатура нормативного забезпечення засобів вимірювань об'єму та об'ємної витрати газу;

- зведена інформація про національні еталони одиниць об'єму та об'ємної витрати газу;

- результати покращення метрологічних характеристик розроблених методів та засобів вимірювань об'єму і витрати газу;

- акти впровадження результатів дисертації.

Зміст дисертації належним чином відображає мету роботи, основні завдання та отримані науково-технічні результати прикладного характеру.

#### **Основні результати роботи, їх наукова новизна**

Серед описаних в дисертації результатів як науково нові слід відмітити наступні:

Вперше одержано математичну модель для оцінки впливу параметрів будинкових газопроводів на обліковані об'єми природного газу побутовими лічильниками на основі електротермічної аналогії потоку газу, яка дає можливість оцінити нераціональні втрати природного газу ще на стадії проектування будинкових систем газопостачання.

Вперше одержано метрологічну модель обчислювальних компонентів еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу, що є основою при розробці методичних документів для визначення метрологічних характеристик обчислювальних компонентів державного первинного та вторинних і робочих еталонів об'єму та витрати газу.

Вперше одержано та обґрунтовано принцип створення, розроблене методичне забезпечення робочих еталонів еквівалентного рідинно-газового заміщення та запропоновані наукові аспекти розвитку повірочних схем, завдяки яким створюється можливість отримувати одиницю об'єму та витрати газу від еталонів об'єму та витрати рідини.

Не менш важливими є наступні наукові результати:

Дістали подальший розвиток методологічні засади прогнозного моделювання стабільності характеристик еталонних та промислових лічильників газу під час експлуатації, що дає можливість теоретично оцінити динаміку зміни метрологічних характеристик цих ЗВТ і забезпечити їх

відповідність вимогам нормативних документів впродовж міжповірочного інтервалу.

Дістала подальший розвиток організаційна основа метрологічного забезпечення перевірки метрологічних характеристик вторинних та робочих еталонів, лічильників та витратомірів газу на основі діаграм станів, що дає змогу провести звірення ЗВТ об'єму та об'ємної витрати газу, які експлуатуються в Україні, з Державним первинним еталоном одиниць об'єму та об'ємної витрати газу.

### **Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків, рекомендацій**

Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі, обґрунтовані теоретичним аналізом та прикладними експериментальними дослідженнями.

Вірогідність результатів забезпечується коректністю постановки задачі, використанням методів математичного моделювання фізичних процесів у робочих еталонах об'єму та витрати газу на базі основного рівняння стану реального газу, методів імітаційного моделювання, із застосуванням теорії вимірювань та планування експерименту, логіко-статистичного моделювання, математичної статистики і теорії імовірності, методів числової обробки результатів експериментів.

### **Практична цінність роботи**

Прикладна частина дисертаційної роботи підтверджується впровадженими у метрологічну практику:

- ПАТ Івано-Франківський завод „Промприлад” установки для перевірки промислових лічильників газу та комплексів лічильник-коректор;

- ІВФ „Темпо” модернізованої перевірочної установки дзвонового типу Темпо-1;

- ТОВ „Західний інженерно-технічний центр” компенсатора температури газу;

- Державного стандарту ДСТУ 3383:2007 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу

- МДУ 025/03-2006 Метрологія. Установки повірочні дзвонового типу. Типова програма та методика державної метрологічної атестації;

- МПУ 168/03-2006 Метрологія. Установки повірочні з еталонними лічильниками газу. Методика повірки.

### **Зауваження до дисертації та автореферату**

1. Назву одного із заголовків таблиці 1.4 дисертації «Нормальні умови» доцільно замінити на «Стандартні умови», так як виміряні об'єми газу, відповідно до ГОСТ 2939, повинні приводитися до стандартних умов.

2. В п. 2.4 дисертації не наведена методика оцінювання ідентичності кількісних і якісних показників програмного забезпечення (рис. 2.4-2.9).

3. Для розробленого еталона еквівалентного рідинно-газового заміщення доцільно вказати діапазон відтворюваних ним витрат рідини і газу, як одну із його метрологічних характеристик.

4. В структурі єдиної повірочної схеми для засобів вимірювань об'єму та об'ємної витрати рідин і газу (рис. 4.1) не відображені всі типи робочих еталонів, які наявні в чинній повірочній схемі для засобів вимірювань об'єму

та об'ємної витрати рідин, на основі якої побудована розроблена схема.

5. У формулі (5.59) незрозумілим є походження числового значення 2000, яке сумується зі значенням тиску газу  $p_n$ , позначення якого також не описане в поясненні до формули.

6. У формулі (6.7) не врахований вплив похибки датчиків температури, якими вимірюються відповідні фізичні величини  $T_{nc}$  і  $T_c$ , на похибку вимірювань об'єму газу.

#### **Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам**

Дисертація викладена грамотно, послідовно, добре оформлена, всі висновки обґрунтовані і доведені як теоретично та експериментально до логічного висновку.

Отримані в дисертації результати є новими, їх цінність підтверджена практичним застосуванням. Результати дисертації доповідались на 13-ти міжнародних, 2-х всеукраїнських та 2-х звітних науково-технічних конференціях, опубліковані в 31 науковій праці.

Автореферат в достатній мірі відображає зміст і основні положення дисертації.

Дисертаційна робота Кузя М.В. "Розвиток метрологічного забезпечення експлуатації засобів вимірювань об'єму та витрати газу" за актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам ДАК МОН України, які ставляться до докторських дисертацій, а її автор за розвиток наукових основ метрологічного забезпечення експлуатації засобів вимірювань об'єму та витрати газу, розроблення нових та вдосконалення існуючих методів і засобів вимірювання цих величин, заслуговує присвоєння йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

#### **Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри охорони праці,  
стандартизації та сертифікації  
Української інженерно-педагогічної  
Академії (м. Харків),  
доктор технічних наук, професор



Р.М. Тріщ

