

006, 51
С32

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Середюк Денис Орестович



УДК 006.91:681.12/4

С32 681.12/04

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО
ГАЗУ**

Спеціальність 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та
метрологічне забезпечення

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2012



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Петришин Ігор Степанович,
Державне підприємство „Івано-Франківський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації”, генеральний директор, м. Івано-Франківськ.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Косач Наталія Ігорівна,
Національний науковий центр „Інститут метрології”, директор наукового центру вимірювань параметрів потоку, витрати, рівня та об’єму речовин, м. Харків;

доктор технічних наук, доцент
Бойко Тарас Георгійович,
Національний університет „Львівська політехніка”, професор кафедри метрології, стандартизації та сертифікації, м. Львів.

Захист відбудеться « 02 » листопада 2012р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.03 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15)

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15)

Автореферат розісланий «21» вересня 2012р.

*Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д20.052.03
кандидат технічних наук, професор*

М.М. Дранчук



ГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Серед найважливіших чинників досягнення енергетичної безпеки України є раціональне і ефективне використання природного газу, яке зумовлює необхідність належного його обліку. Це підтверджується чинною концепцією створення єдиної системи обліку природного газу України, яка схвалена Постановою Кабінету Міністрів України №1089 від 21.08.2001 року «Про концепцію створення єдиної системи обліку природного газу» і передбачає впровадження сучасних високоточних лічильників і створення для них відповідного метрологічного забезпечення.

З метою скасування технічних бар'єрів у міжнародній торгівлі засобами обліку природного газу необхідним є розроблення технічного регламенту на вказані вимірювальні засоби, який повинен бути гармонізованим до Директиви Європейського Парламенту і Ради 2004/22/ЄС від 31.03.2004р. «Щодо введення в обіг засобів вимірювальної техніки та процедур оцінки відповідності». Доказовою базою даного технічного регламенту слугають впроваджені з 01.01.2007р в Україні Національні стандарти щодо технічних умов на турбінні, роторні, і мембранні лічильники газу (ДСТУ EN12261:2006, ДСТУ EN12480:2006 і ДСТУ EN1359:2006).

Поряд з цим потребують вдосконалення та модернізації еталонні витратовимірювальні установки як засоби метрологічного забезпечення лічильників газу. Без покращення метрологічних характеристик еталонних засобів не може бути досягнуто підвищення якісного рівня оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу. Також потребує розроблення методологія визначення комплексних показників якості лічильників газу при оцінюванні їх відповідності з метою формування їх об'єктивної оцінки щодо технічних і метрологічних характеристик серед великої кількості засобів, представлених на ринку України.

Для підтвердження рівня відповідності державного еталона України одиниці об'єму та об'ємної витрати газу до аналогічних закордонних національних еталонів необхідно обґрунтувати методологію та провести апробацію процедури міждержавних звірень вказаних еталонів. З метою забезпечення єдності вимірювань і простежуваності одиниць об'єму та об'ємної витрати газу від робочих засобів до державного еталону ДЕТУ 03-01-96 необхідно розробити ряд нормативних документів як складових метрологічного забезпечення у цій сфері.

Незважаючи на значний вклад у розробку метрологічного, технічного та нормативного забезпечення у витратометрії природного газу та еталонних і робочих ЗВТ І.С.Бродина, Є.П.Пістуна, І.С.Петришина, О.Є. Середюка, С.А.Чеховського, В.С.Вошинського (Україна), П.П.Кремльовського, А.Н.Павловського, А.А.Тупіченкова, М.А.Данілова, (Російська Федерація), Д.Допхайде, Р.Крамера, Б.Міккана (Німеччина), М.Ван дер Беєка (Нідерланди), З.Кабзи, Й.Допке (Польща), Г.Маттінглі, А.Джонсона (США) та інших, досліджувані ними проблеми практично не стосувалися оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу, що потребує подальшого вивчення у вказаних вище напрямках досліджень.

Тому задача удосконалення методів та пристроїв забезпечення оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу є актуальною для України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження, результати яких знайшли відображення в дисертаційній роботі, виконувались здобувачем відповідно до плану навчання в аспірантурі на кафедрі інформаційно-виміральної техніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу та апробовані на Державному підприємстві «Івано-Франківський науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації» згідно з тематикою науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у сфері метрології та розвитку еталонної бази за темами: «Державна програма розвитку еталонної бази на 2006-2010 роки» (ДРН 0106U006782), «Розроблення технічного регламенту щодо суттєвих вимог до лічильників газу» (ДРН 0107U005918), «Забезпечення відтворення та зберігання одиниць вимірювань державним первинним еталоном одиниць об'єму та об'ємної витрати газу» (ДРН 0107U005916), «Проведення звірень державного первинного еталона одиниці об'єму та об'ємної витрати газу, який зберігається в ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», з національними еталонами інших держав і міжнародними еталонами» (ДРН 0107U005917). Автор був відповідальним виконавцем цих робіт.

Мета роботи полягає у вирішенні науково-прикладного завдання забезпечення єдності вимірювань об'єму та об'ємної витрати природного газу шляхом вдосконалення методів, пристроїв та розроблення нормативної бази забезпечення оцінювання відповідності метрологічних характеристик засобів для обліку природного газу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану науково-технічного і нормативного забезпечення оцінювання відповідності метрологічних характеристик витратовиміральної техніки для обліку природного газу;
- здійснити теоретичні дослідження фізичних процесів в еталонних витратовимірвальних установках для розробки напрямків вдосконалення їх метрологічних і технічних характеристик;
- розробити методику визначення коефіцієнтів вагомості для визначення комплексного показника якості витратовиміральної техніки для розрахунку рівня якості робочих вимірвальних засобів при оцінюванні їх відповідності;
- обґрунтувати і здійснити апробацію процедури міждержавних звірень національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу за участю державного первинного еталона України;
- вдосконалити методологію передавання одиниці об'ємної витрати газу від державного первинного еталона до вторинних еталонів і еталонів передавання;
- розробити напрями технічного вдосконалення робочих еталонів витратовиміральної техніки;
- розробити додаток до технічного регламенту на лічильники газу, який нормативно повинен забезпечити методику оцінювання відповідності лічильників згідно доказової бази, яка конкретизована в національних стандартах України;
- розробити та впровадити нові нормативні документи для реалізації метрологічної атестації, повірки і звірень еталонів об'єму та об'ємної витрати газу.

Об'єктом дослідження є процес забезпечення єдності вимірювання кількості природного газу шляхом відтворення і передавання одиниці об'єму та об'ємної витрати газу до робочих засобів вимірювальної техніки.

Предметом дослідження є наукова, нормативна та технічна база забезпечення оцінювання відповідності метрологічних характеристик вимірювальної техніки об'єму та об'ємної витрати природного газу.

Методи досліджень. Теоретичний аналіз, проведений в дисертаційній роботі ґрунтується на використанні методів математичного моделювання фізичних процесів у еталонних витратовимірювальних засобах на базі основних положень теорії газодинаміки і критеріїв гідродинамічної подібності потоків, методів кореляційного аналізу, методології кваліметричного оцінювання комплексних і диференційних показників якості засобів вимірювальної техніки та теорії структурного аналізу компонентів похибок і ймовірнісних методів сумування складових сумарної похибки.

Методологічну основу дисертаційної роботи складає підхід щодо кваліметричного оцінювання показників якості витратовимірювальної техніки і джерел похибок еталонних засобів у сфері обліку природного газу.

Експериментальні дослідження еталонних та робочих витратовимірювальних засобів здійснювались з використанням методів теорії вимірювань і планування експерименту, регресійного аналізу, математичної статистики і теорії ймовірності, методів числової обробки результатів експериментів із використанням ПЕОМ.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше розроблено і апробовано методологію кореляційного аналізу сигналів інформативних параметрів дзвоних еталонних установок, яка дає можливість здійснювати об'єктивну оцінку відтворюваних витрат газу та більш досконало визначати складову похибки від нестабільності відтворюваних витрат газу еталонними установками при оцінюванні відповідності лічильників газу.

2. Вперше розроблено процедуру оцінювання стабільності відтворення об'ємних витрат газу еталонними установками з використанням контрольних карт, яка апробована в умовах функціонування державного еталона і може застосовуватися для забезпечення стабільності процесу відтворення об'ємної витрати в еталонах різних типів з метою коректного оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу.

3. Вперше розроблений метод визначення коефіцієнтів вагомості для визначення комплексного показника якості витратовимірювальної техніки за метрологічними та експлуатаційними характеристиками, який у сукупності з запропонованою моделлю розрахунку рівня якості витратовимірювальної техніки може застосовуватись не тільки для робочих засобів обліку газу, але і для еталонів об'єму і об'ємної витрати газу.

4. Набуло розвитку математичне моделювання фізичних процесів в еталонних дзвоних установках, яке стосується дослідження гідродинамічних процесів у витіснювачі установки і моделювання впливу кута нахилу дзвона еталонної установки та впливу форми дзвона на оцінку точності метрологічних характеристик еталонних установок. Отримані моделі дозволяють підвищити точність державного

первинного еталона одиниці об'єму та об'ємної витрати газу (ДЕТУ 03-01-96) та задекларувати її в СМС-таблицях міжнародного бюро мір і ваг, м. Париж.

5. Теоретично та методологічно вдосконалено передавання одиниці об'ємної витрати газу від державного первинного еталона до еталонів на базі критичних сопел, що дасть можливість створення єдиної державної повірочної схеми одиниці об'ємної та масової витрати.

Практичне значення одержаних результатів.

1. Обґрунтовано і вперше здійснено практичну апробацію процедури міждержавних звірень національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу за участю державного первинного еталона України, з використанням спеціальних еталонних засобів передавання одиниці, що підтвердило міжнародний рівень відповідності державного еталона.

2. Розроблений додаток 2 (Вимоги до лічильників газу та пристроїв перетворення об'єму) до технічного регламенту щодо суттєвих вимог до засобів вимірювальної техніки, який регламентує основні вимоги до технічних і метрологічних характеристик лічильників газу і вимог їх безпеки експлуатації, а також методика оцінювання їх відповідності згідно доказової бази, яка конкретизована в національних стандартах України. Технічний регламент затверджений постановою Кабінету Міністрів України №332 від 8 квітня 2009р.

3. Розроблені і впроваджені у метрологічну практику України нормативні документи, які регламентують методики проведення наступних метрологічних процедур при оцінюванні відповідності засобів для обліку природного газу:

- державної метрологічної атестації еталонних лічильників газу (Метрологія. Еталонні лічильники газу. Типова програма та методика державної метрологічної атестації. Затверджена наказом головної організації Держспоживстандарту України з вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу лічильниками та витратомірами-лічильниками ДП „Івано-Франківськстандартметрологія” №171 від 18.05.2006р.);

- перевіряння повірочних установок на основі еталонних лічильників і еталонних критичних сопел (Метрологія. Установки повірочні з еталонними лічильниками газу. Методика повірки: МПУ-168-03-2008, чинна від 01.09.2008р, Метрологія. Установки повірочні лічильників газу з еталонними критичними соплами. Методика повірки. Затверджена наказом головної організації Держспоживстандарту України з вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу лічильниками та витратомірами-лічильниками ДП „Івано-Франківськстандартметрологія” №201 від 31.05.2007р.);

- звірень еталонів об'єму і об'ємної витрати газу дзвонового типу (Метрологія. Еталони об'єму та об'ємної витрати газу дзвонового типу. Методика звірень: РМУ-024-2008. Чинна від 01.09.2008).

4. Розроблені патентозахищені удосконалені конструкції еталонів дзвонового типу, які забезпечують підвищення точності відтворення витрат та об'ємів газу, а також конструктивні рішення для реалізації передавання та простежування цих одиниць до еталонних і робочих засобів витратовимірювальної техніки різних типів.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові положення та результати роботи отримані автором самостійно і стосуються: моделювання гідродинамічних процесів у дзвонових еталонних установках [1]; методології оцінки технічного рівня

лічильників газу [3]; дослідження впливу конструктивного виконання приєднувальних трубопроводів еталонних лічильників газу на їх метрологічні характеристики [25].

У роботах, опублікованих у співавторстві, використані результати, одержані здобувачем особисто, до яких належать: обґрунтування концепції застосування нових методичних підходів при дослідженні еталонних витратовимірювальних установок [5,21,24]; виведення формул для коефіцієнтів вагомості при оцінці комплексного показника якості лічильників газу [4,8,17,22,23]; розроблення методичних і алгоритмічних підходів для дослідження метрологічних характеристик складових похибки дзвонових установок [7,18,19]; методології виконання експериментальних досліджень при удосконаленні робочих еталонів [20,29]; апробації процедури метрологічних досліджень національних еталонів при міждержавних звіреннях і обробка результатів експериментальних досліджень при їх проведенні [2,27,28], метрологічне обґрунтування застосування еталонів передавання одиниці об'єму газу у відповідності до чинної в Україні повірочної схеми [6,26,29,30], ідеї і обґрунтування нових технічних рішень вузлів установок [13-16]; метрологічне обґрунтування та апробація застосування нормативних документів для оцінювання відповідності витратовимірювальної техніки [9-12].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювалися на 3 міжнародних і 7 всеукраїнських науково-технічних конференціях: V, VII Міжнар. наук.-техн. конф. «Метрологія та вимірювальна техніка» м. Харків, 2006, 2010рр., 2-а наук.-практ. конф. Энергосбережение в системах тепло- и газоснабжениях. Повышение энергетической эффективности, м. Санкт-Петербург, 2011р., 3-5 наук.-техн. конф. «Приладобудування: стан і перспективи» м. Київ, 2004-2006рр.; 4-7 всеукраїнські наук.-техн. конф. «Вимірювання витрати та кількості газу» м. Івано-Франківськ, 2005, 2007, 2009, 2011рр.

Крім того матеріали роботи доповідались на наукових семінарах кафедри інформаційно-вимірювальної техніки ІФНТУНГ впродовж 2004-2011рр.,

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано в 30 наукових працях, з яких 6 - статті (із них 2 одноосібні) у фахових наукових виданнях, які входять до переліку ДАК України, 5 нормативних документів України у галузі метрології, 5 патентів України та 14 публікацій (із них 2 одноосібних) за матеріалами праць науково-технічних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 149 сторінок основного тексту, 43 рисунки, 11 таблиць, 3 додатки на 20 сторінках, список використаних джерел із 131 найменувань на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність вибраного напрямку досліджень, визначено предмет і об'єкт дослідження, сформульовано мету, завдання та методи досліджень, показано зв'язок дисертації з науковими програмами та планами, визначено наукову новизну, практичне значення та особистий внесок здобувача в

одержаних результатах, подано відомості про їх апробацію, публікації та впровадження.

У першому розділі здійснено аналіз сучасного стану наукового, нормативного і технічного забезпечення оцінювання відповідності метрологічних характеристик витратовиміральної техніки для обліку природного газу у контексті до чинних нормативних документів і повірочної схеми України у сфері вимірювання витрати і об'єму природного газу. Виконано вивчення методологічних і технічних аспектів вітчизняного досвіду і закордонного підходу до оцінювання відповідності витратовиміральної техніки. Вивчені функціональні і техніко-метрологічні характеристики еталонних установок як засобів для досягнення цілей оцінювання відповідності витратовиміральної техніки.

На підставі аналізу здійснено обґрунтування необхідності проведення таких напрямків досліджень:

– внаслідок того, що робочі засоби виміральної техніки (ЗВТ) обліку природного газу характеризуються великою кількістю технічних і метрологічних характеристик, які кількісно оцінюються окремо і з різними розмірностями для оцінки технічного рівня цих ЗВТ необхідно обґрунтувати перелік їх основних показників і розробити методологію визначення технічного рівня робочих ЗВТ;

– незважаючи на велику кількість відомих теоретичних і експериментальних досліджень еталонних витратовиміральних установок з метою подальшого підвищення їх метрологічних характеристик для забезпечення єдності вимірювань і покращення оцінювання відповідності робочих ЗВТ потребують подальшого розвитку теоретичні дослідження фізичних процесів в еталонних установках, зокрема дзвонового типу, які на даний час характеризуються найвищою точністю в Україні;

– з метою взаємного міждержавного визнання оцінок метрологічних характеристик вітчизняної еталонної витратовиміральної техніки потребують поглиблених метрологічних досліджень державний і робочі еталони одиниць об'єму та об'ємної витрати газу;

– необхідною умовою покращення оцінювання відповідності витратовиміральної техніки є розроблення методологічних засад та нормативних документів для оцінювання відповідності робочих ЗВТ у сфері обліку природного газу;

На підставі викладеного в розділі сформовано основні завдання і обґрунтовано напрямки дисертаційних досліджень.

У другому розділі викладені результати теоретичних та експериментальних досліджень еталонних засобів для забезпечення оцінювання відповідності витратовиміральної техніки. При цьому акцентована увага на дослідженні фізичних процесів в дзвонових еталонних установках, розробленні концепції кореляційного аналізу сигналів інформативних параметрів при функціонуванні установок, моделюванні і дослідженні метрологічних характеристик еталонів об'єму і витрати газу, в тому числі методології оцінки стабільності відтворення одиниці об'ємної витрати газу.

При моделюванні дзвонових еталонних установок (ДЕУ) розглядалися фізичні процеси, зокрема гідродинамічні, у кільцевому витіснювачі ДЕУ впродовж вимірального циклу при опусканні обертового дзвона за наявності обертового

стабілізуючого кільця в нижній частині витіснювача, згідно патенто захищеного конструктивного виконання.

На рис. 1 наведена схема досліджуваної ДЕУ, яка складається з дзвона 1, що обертається навколо осі z і розміщений у кільцевому витіснювачі 2 із замковою рідиною. У витіснювачі знаходиться стабілізуюче кільце 3, яке також обертається навколо осі z . В склад установки входять повітродувка 4, клапани 5 та 8 для управління роботою ДЕУ, вхідний 6 і вихідний 7 трубопроводи з досліджуваним приладом 9.

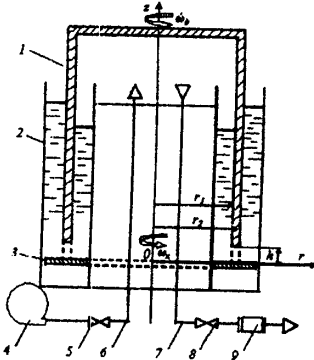
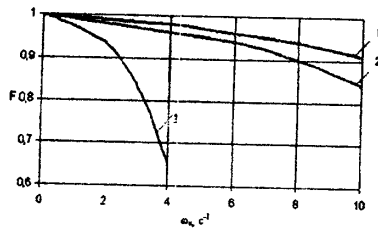


Рис. 1. Схема ДЕУ з обертовим дзвоном і стабілізуючим кільцем



1 - $\omega_k = 0$; 2 - $\omega_k = 0,2\omega_d$; 3 - $\omega_k = 5\omega_d$

Рис. 2. Залежності зміни фронтального опору F від кутових швидкостей дзвона

При дослідженні вивчався рух рідини на ділянці між обертовим дзвоном і обертовим стабілізуючим кільцем для випадку їх наближення, для чого використовувалася система рівнянь Нав'є-Стокса і нерозривності струменя, яка при прийнятих таких припущеннях:

$$\frac{\partial V_r}{\partial r} \ll \frac{\partial V_r}{\partial z}, \quad \frac{\partial V_\phi}{\partial r} \ll \frac{\partial V_\phi}{\partial z} \quad \text{при } \omega_d \ll \omega_k, \quad (1)$$

набуває вигляду:

$$\left. \begin{aligned} v \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} - \frac{V_\phi^2}{r}, & v \left(-\frac{V_\phi}{r^2} + \frac{\partial^2 V_\phi}{\partial z^2} \right) &= V_z \frac{\partial V_\phi}{\partial z}, \\ \frac{\partial p}{\partial z} &= 0, & \frac{1}{r} \frac{\partial(r V_r)}{\partial r} + \frac{\partial V_z}{\partial z} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де V_z - складова швидкості рідини вздовж осі z ; $\partial p / \partial r$ і $\partial p / \partial z$ - градієнти тиску вздовж осей r та z ; v , ρ - коефіцієнт кінематичної в'язкості і густина рідини відповідно.

Граничні умови для поставленої задачі будуть мати вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \text{для } z=0 \text{ маємо} & \quad V_r = 0 & \quad V_z = 0 & \quad V_\phi = \omega_k \cdot r_0, \\ \text{для } z=h \text{ маємо} & \quad V_r = 0 & \quad V_z = -u & \quad V_\phi = \omega_d \cdot r, \\ \text{при } r=r_1 \text{ і } r=r_2 & \quad \text{приймаємо } p=0, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де u – швидкість осьового переміщення дзвона; h – відстань між торцем дзвона і стабілізуючим кільцем; r_1, r_2, r_0 – внутрішній, зовнішній та середній радіуси дзвона відповідно; ω_δ і ω_K – кутові швидкості обертання дзвона і кільця відповідно.

Використання методу лінеаризації дозволяє отримати аналітичні розв'язки для складових V_ϕ та V_r і далі після інтегрування градієнта $\partial p/\partial r$ у виразі для V_r , записати таку формулу для визначення сили фронтального опору переміщенню дзвона:

$$F_\delta = \frac{3\pi\mu u}{h^3} \cdot \left[\left(1 - \frac{N}{G[f(N, \omega)]^2} \right) f_1(r) - 2Nr_0 \cdot \frac{\omega_K}{\omega_\delta} \cdot \frac{f_2(r)}{[f(N, \omega)]^2} \right], \quad (4)$$

$$\text{де } f(N, \omega) = - \left\{ \cos \left[\frac{\arccos \left(1 - N - 3N \cdot \frac{\omega_K}{\omega_\delta} \right)}{3} \right] + \frac{1}{2} \right\}, \quad G = \omega_K^2 r_0^2 / \nu r,$$

$$f_1(r) = \left(\frac{r_2^2 - r_1^2}{2} \right) \cdot \left[r_2^2 + r_1^2 - \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln(r_2/r_1)} \right], \quad f_2(r) = (r_2 - r_1) \cdot \left[\frac{r_2^2 + r_2 r_1 + r_1^2}{3} - \frac{r_2^2 - r_1^2}{2 \ln(r_2/r_1)} \right].$$

В формулі (4) прийняті такі позначення: $N = 27\nu h \omega_\delta / 2u^3$ – безрозмірний коефіцієнт; $f(N, \omega)$ – функція коефіцієнта N і кутових швидкостей ω_δ, ω_K ; $f_1(r), f_2(r)$ – функції геометричних розмірів дзвона; V_r і V_ϕ – радіальна і колова складові швидкості рідини.

На рис. 2 наведені результати чисельного моделювання отриманого виразу (4), які подані у вигляді кривих зміни безрозмірного фронтального опору F як функції від кутової швидкості обертання дзвона ω_δ для різних кутових швидкостей ω_K обертання стабілізуючого кільця. За базову величину для переведення фронтального опору F_δ у безрозмірну величину прийнятий опір $F_{\delta 0}$ при переміщенні не обертового дзвона. Із рис. 2 витікає, що при наданні обертання стабілізуючому кільцю ефект зменшення фронтального опору може сягати 33,3%.

Одним із факторів впливу точності монтажу вузлів дзвонів ДЕУ на збільшення їх похибки є відхилення дзвона від вертикального положення. Це обґрунтовує необхідність кількісної оцінки впливу нестабільності вертикального положення дзвона на складові похибки ДЕУ. Для оцінки складових похибок δ_{V1} (від кута β відхилення дзвона від вертикальності) і δ_{V2} (від кута β та висоти контрольного об'єму H_K і внутрішнього радіуса дзвона R) використано моделювання відтворених контрольних об'ємів дзвона при роботі його в однаково і змінно нахилених положеннях:

$$\delta_{V1} = (\csc(90 - \beta) - 1) \cdot 100, \% \quad (5)$$

$$\delta_{V2} = ((\csc(90 - \beta) - 1) + R/H_K \cdot \text{ctg}(90 - \beta)) \cdot 100, \% \quad (6)$$

Моделювання проведено для умов зміни кута β в діапазоні (0...5) градусів, що вибрано як максимально можливе значення при неякісному монтажі направляючих переміщення дзвона. Графічна ілюстрація похибки δ_{V1} , яка як

впливає з (5), не залежить від відтворюваного контрольного об'єму (рис.3.), з чого слідує, що характер зміни похибки є нелінійним із збільшенням впливу при зростанні кута нахилу. При цьому встановлено, що складова похибки δ_{V1} є суттєвою (до 0,4%) і може бути співрозмірною з основною допустимою похибкою (для двозонних установок знаходиться в межах 0,1...0,5%).

При моделюванні похибки δ_{V2} крім кута β враховувалося також умова функціонування установки, оскільки в формулі (6) є співвідношення R/H_K . Однак, зважаючи на те, що при зростанні контрольного об'єму значення H_K змінюється від мінімального (прямує до нуля) до максимального, яке може декількаразово перевищувати радіус дзвона, тому для побудови графічних залежностей використане співвідношення H_K/R .

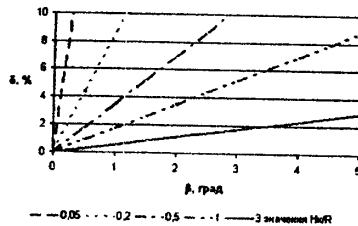
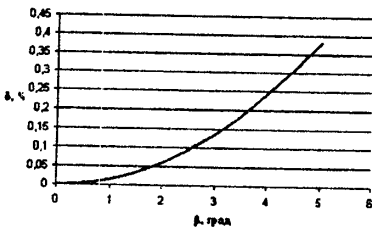


Рис. 3. Графічна ілюстрація

похибки від кута нахилу дзвона δ_{V1}

Рис. 4. Графічна ілюстрація похибки від кута нахилу дзвона δ_{V2} та величини H_K/R

Це співвідношення при мінімальних контрольних об'ємах буде близьким до нуля, а при максимальних контрольних об'ємах для відомих створених конструкцій воно не перевищує 3, що визначає умови моделювання. Результати даного моделювання наведені на рис. 3 та рис. 4, які характеризують про можливість виникнення суттєвої похибки (обмежена 10%) при некоректному виборі малих значень висоти контрольного об'єму за умови неякісного виконання направляючих вертикального переміщення дзвона. З графіка також видно, що тільки при зростанні співвідношення H_K/R до трьох додаткова похибка не буде перевищувати 0,1% при відхиленні осі дзвона від вертикальності на 0,3 градуси.

Застосування методології кореляційного аналізу на прикладі дзвонів еталонних установок, дало можливість здійснювати об'єктивну оцінку стабільності витрати S_q всередині інтервалу усереднення при операціях проведення перевірки лічильників газу. Для оцінки стабільності витрати необхідне врахування тривалості t відтворення контрольного об'єму, а також значення автокореляційної функції (АКФ) під час цього процесу, що слідує із такого застосовуваного алгоритму:

$$S_q = \sqrt{\frac{2}{[m_q(t)]^2} \cdot D_q(t) \cdot \frac{\tau_{Rq}}{\tau}}, \quad \text{де} \quad \tau_{Rq} = \int_0^{\infty} \frac{|R_q(\tau)|}{|R_q(0)|} dt. \quad (7)$$

В (7) позначені: $m_q(t)$, $D_q(t)$ — математичне очікування і дисперсія витрати досліджуваного процесу відповідно, τ_{Rq} — глибина кореляційного зв'язку; $R_q(\tau)$ — АКФ досліджуваного випадкового процесу; $R_q(0)$ — значення АКФ $R_q(\tau)$ при

інтервалі кореляції $\tau_k = 0$; τ – інтервал часу впродовж якого досліджується стабільність інформативного параметра.

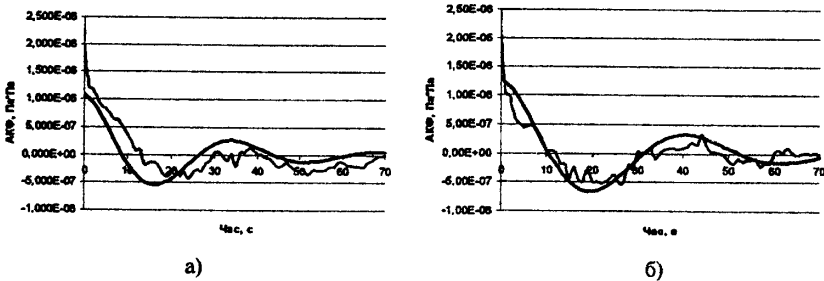


Рис. 5. Графічна ілюстрація автокореляційних функцій тиску під дзвоном (а) і тиску перед лічильником газу (б) при відтворенні витрати $5 \text{ м}^3/\text{год}$

З наведеного алгоритму витікає необхідність розрахунку АКФ з використанням відповідних інформативних параметрів, оскільки миттєву витрату можна визначати тільки опосередковано. Тому для оцінки стабільності витрати вибрані тиск під дзвоном і тиск перед лічильником. За цих умов доцільною є аналітична апроксимація АКФ, за характером якої стає можливим перевіряння стаціонарності досліджуваного процесу і вибір оптимальної (мінімально-достатньої) тривалості відтворення контрольного об'єму в ДЕУ.

На рис.5 наведена графічна ілюстрація результатів експериментальних досліджень Вторинного еталона одиниці об'єму та об'ємної витрати газу (ВЕТУ 03-01-01-08) на базі дзвонової установки з контрольним об'ємом $0,2 \text{ м}^3$. На ньому суцільними тонкими лініями показані АКФ, які обчислені цифровим методом, а товстими лініями зображені апроксимовані їх значення. З наведених графіків видно, що АКФ є загасаючою функцією, що характеризує про ергодичність процесу відтворення витрати газу дзвоною установкою, до оцінки якого можна застосовувати імовірнісні методи оцінки характеристик витрати і похибки установки. Для апроксимації АКФ використовувалася така її модель:

$$R(\tau) = \alpha \cdot e^{-\beta|\tau|} \cdot \cos(\omega|\tau|) \quad (8)$$

Кількісні значення експериментально визначених коефіцієнтів α, β і параметра колової частоти ω наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Числові значення розрахованих коефіцієнтів α, β і параметра ω

Значення коефіцієнтів і параметра АКФ	рис.5 а	рис.5 б
α	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$
β	-0,04172	-0,03364
ω	0,1792	0,1502

Кількісна оцінка АКФ за формулою (8) дає можливість оцінювати стабільність відтвореної витрати за алгоритмом (7), а розраховані АКФ дають можливість

методично правильно оцінити складову похибки від нестабільності витрат шляхом порівняння складової S_q з усередненим значенням витрати.

В роботі також запропоновані нові підходи оцінювання стабільності відтворення об'ємної витрати газу установками дзвонового типу, які апробовані в умовах функціонування державного первинного еталона одиниці об'єму та об'ємної витрати газу. Процедура оцінювання стабільності базується на застосуванні прикладних статистичних методів управління процесами з використанням контрольних карт, які забезпечують визначення стабільності через верхні і нижні границі відхилень середніх значень відтворюваних витрат з врахуванням математичного очікування і стандартного середньоквадратичного відхилення усереднених значень об'ємної витрати при кожному вимірному циклі.

Враховуючи специфіку експлуатації державного первинного еталону одиниці об'єму та об'ємної витрати газу (ДЕТУ 03-01-96) і можливість зміни його метрологічних характеристик від умов експлуатації експериментальні дослідження стабільності було проведено на протязі декількох тижнів літньо-осіннього періоду року в різний час доби, коли атмосферний тиск і вологість повітря змінювались. При досліджуванні відтворювались еталоном фіксовані контрольні об'єми за витрат 160 м³/год і 16 м³/год, на яких на основі попередніх досліджень при проведенні метрологічної атестації стабільність витрати була найгіршою, а показник стабільності мав найбільший розмах. За результатами проведених досліджень було об'єктивно підтверджено, що процес відтворення еталоном одиниці об'ємної витрати за вказаних значень є стабільним і знаходиться в межах задекларованих величин.

У третьому розділі розглянуті метрологічні і технічні аспекти визначення показників якості витратвимірної техніки при оцінюванні її відповідності. З цією метою проведено моделювання комплексного показника якості K (КПЯ) лічильників газу з використанням запропонованого такого виразу:

$$K = K_{\delta} \cdot \gamma_{\delta} + K_{\Delta p} \cdot \gamma_{\Delta p} + K_{nч} \cdot \gamma_{nч}, \quad (9)$$

де K_{δ} , $K_{\Delta p}$, $K_{nч}$ – диференційні показники якості, що характеризуються середнім зваженим значенням похибки, перепадом тиску і порогом чутливості лічильника відповідно, які визначаються як відношення нормативно регламентованого значення до експериментально визначеного; γ_{δ} , $\gamma_{\Delta p}$, $\gamma_{nч}$ – коефіцієнти вагомості для відповідних диференційних показників якості.

При обчисленні КПЯ ваговим коефіцієнтам γ_i присвоюють початкові значення 0,333, як рівносильні для трьох одиничних показників якості. Для розрахунку уточненого значення коефіцієнта γ_{δ} скористасмося методом визначення співвідношення приросту КПЯ K до приросту одиничного показника K_{δ} . Таким чином задаючи приріст 10% для одиничного показника K_{δ} , отримуємо:

$$\gamma_{\delta} = 0,1 \cdot (K_1 - K) / K, \quad (10)$$

де K_1 – значення КПЯ, яке розраховане при зміні одиничного показника з врахуванням (9):

$$K_1 = (K_{\delta} + 0,1 \cdot K_{\delta}) \cdot \gamma_{\delta} + K_{\Delta p} \cdot \gamma_{\Delta p} + K_{nч} \cdot \gamma_{nч}. \quad (11)$$

Обчислене значення K_1 становить 1,622 при початковому 1,536 за (9).

У відповідності з (10) отримуємо значення $\gamma_{\delta} = 0,56$, тобто коефіцієнт вагомості став більшим, ніж його початкове значення (0,333). Аналогічні математичні операції проводяться щодо показників $K_{\Delta p}$ та $K_{nч}$, завдяки чому отримуємо: $\gamma_{\Delta p} = 0,208$; $\gamma_{nч} = 0,208$. Сумування трьох отриманих коефіцієнтів вагомості γ_i становить $\Sigma_{\gamma} = 0,976$.

Враховуючи умову, що сума всіх коефіцієнтів вагомості Σ_{γ} повинна бути рівною 1, необхідно звести суму вагових коефіцієнтів до одиниці шляхом домноження на коефіцієнт $1/\Sigma_{\gamma}$ (1/0,976). Тому уточнені значення коефіцієнтів вагомості розраховуються таким чином:

$$\gamma_{\delta n} = \gamma_{\delta} \cdot \left(1/\Sigma_{\gamma}\right) = 0,574; \quad \gamma_{\Delta p n} = \gamma_{\Delta p} \cdot \left(1/\Sigma_{\gamma}\right) = 0,213; \quad \gamma_{nч} = \gamma_{nч} \cdot \left(1/\Sigma_{\gamma}\right) = 0,213. \quad (12)$$

Результати застосування методики для розрахунку рівня якості лічильників газу різних виробників наведені в табл.2, що дає можливість порівняти і сформулювати висновок щодо їх технічного рівня.

Таблиця 2

Зведені результати обчислення КІЯ для турбінних лічильників газу

Назва лічильника (країна виробник)	K_{δ}	$K_{\Delta p}$	$K_{nч}$	K
TRZ 03-U-A (Україна)	1	0,625	0,83	1,091
TZ/FLUXI (Німеччина)	1	1	0,83	1,166
TRZ-2-U (Україна)	1	3	3,56	1,912
TRZ-2 (Чехія)	1	6,25	1,07	2,064
TRCF-P (Україна)	1,5	1,25	0,83	1,316
RPT-3 (Чехія)	0,75	10	1,67	2,884
ЛГ-К-Ех (Україна)	1	1	1,67	1,134
D (Словацька Республіка)	1	1,875	0,83	1,341

Розроблена модель дозволяє оцінювати якість лічильника газу за багатьма вибраними його показниками (для прикладу реалізована за трьома). Вона забезпечує проведення об'єктивної оцінки технічного рівня лічильників. Ступінь перевищення показника відносно одиниці свідчить про вищий рівень технічного стану досліджуваного лічильника. За умови $K < 1$ або якщо будь-який із диференціальних показників має значення менше одиниці, то такий лічильник вважається не відповідним до нормативних документів і експлуатації не підлягає.

Проведені експериментальні дослідження впливу конструктивного виконання приєднувальних трубопроводів на метрологічні характеристики еталонних лічильників газу роторного типу, що ілюструються на рис. 6 свідчить про необхідність врахування цього фактора.

Проведені експериментальні метрологічні дослідження національних еталонів об'єму і об'ємної витрати газу з використанням спеціальних високоточних еталонних засобів. При міждержавних звіреннях досліджувалися еталони ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», а саме еталони ДЕТУ 03-01-96, ВЕТУ 03-01-01-08, РКДУ-044 в рамках проекту КООМЕТ 219/Sk/00. Звірення проводились за напрямками А і В (рис.7) в діапазонах витрат (0,12 – 10,0) м³/год і (100 – 1000) м³/год відповідно.

зміна похибки в залежності від витрати



Рис. 6. Криві похибки еталонного лічильника від конструкції приєднувальних трубопроводів повітряних установок і значень відтворюваних витрат газу

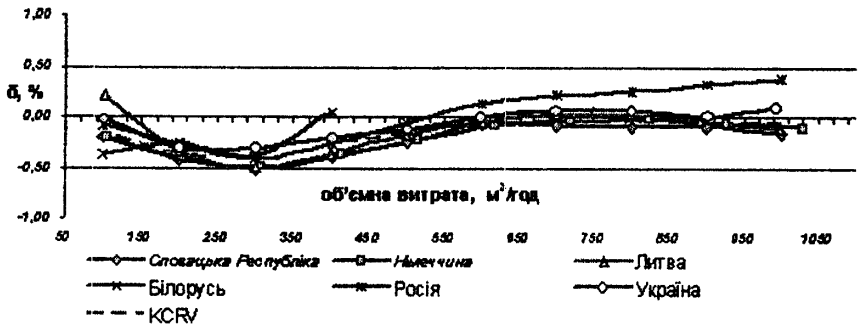


Рис. 7. Зведені результати звірень за напрямком В

У цьому розділі також відображені розроблені патентозахищені удосконалені конструкції еталонних дзвонового типу, які забезпечують підвищення точності відтворення витрат та об'ємів газу, а також передавання цих одиниць до еталонних і робочих засобів витратовиміральної техніки різних типів.

У четвертому розділі відображені аспекти розроблених методологічних засад та нормативних документів для оцінювання відповідності витратовиміральної техніки. Реалізація розроблених положень Технічного регламенту (ТР) відповідають процедурі застосування модулів при оцінюванні відповідності засобів обліку в Україні і конкретизовані для лічильників газу (рис.8). Для проведення оцінки відповідності лічильників газу до вимог ТР за можуть бути застосовані такі модулі: В (перевірка типу), F (перевірка виробу), G (перевірка одиниць продукції), або їх комбінації, які відповідають метрологічним процедурам ДПВ та ДКВ (державні приймальні та контрольні випробування відповідно), ДМА (державна метрологічна атестація) та первинній та періодичній повіркам.



Рис. 8. Структурна схема оцінки відповідності лічильників газу до вимог ТР

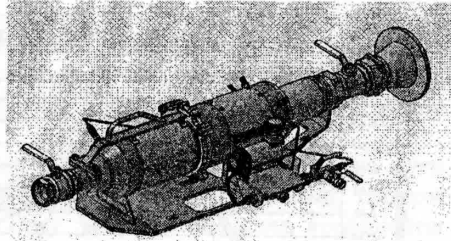


Рис. 9. Видгляд патентозахисеного блоку для монтажу критичних сопел

Також відображено теоретичні та метрологічні вдосконалення і розглянуто практичну реалізацію (рис. 9) передавання одиниці об'ємної витрати газу від державного первинного еталона до еталонів на базі критичних сопел.

Поряд з цим в цьому розділі охарактеризована розроблена методика державної метрологічної атестації еталонних лічильників газу, яка дозволяє визначити і оцінити їх метрологічні характеристики з метою встановлення можливості використання як складової робочого еталона (повіркової установки) для передавання одиниці об'єму та об'ємної витрати до робочих засобів витратовимірювальної техніки.

Викладена суть розробленої і впровадженої у метрологічну практику України методики перевіряння повірочних установок на основі еталонних лічильників і еталонних критичних сопел, які забезпечують досягнення єдності вимірювань об'єму та витрати газу у відповідності до чинної державної повірочної схеми. Також розглянуті особливості впровадженого у метрологічну практику України нормативного документа, який регламентує методику звірень еталонів об'єму і об'ємної витрати газу дзвонового типу, чим забезпечується досягнення єдності вимірювань вказаними еталонами.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

На основі проведення теоретичних та експериментальних досліджень методів та пристроїв забезпечення оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу здійснено вдосконалення наукових, методологічних і технічних підходів оцінювання відповідності, а також розроблені нормативні документи для проведення відповідних метрологічних процедур. При цьому отримані такі наукові та практичні результати:

1. Проведене математичне моделювання фізичних процесів в еталонних дзвонових установках, за результатами яких встановлено можливість зменшення гідродинамічних сил фронтального опору на переміщення дзвона до 33%, що сприяє стабілізації тиску під дзвоном і, як наслідок, підвищення точності відтворення установкою контрольних об'ємів і витрат газу на 0,03-0,06%.

2. Здійснене моделювання впливу кута нахилу дзвона еталонної установки на складову похибки від відхилення від вертикального положення яка може сягати

0,08% на 1 градус відхилення, що розкриває нові методологічні підходи при проведенні метрологічних досліджень і атестації дзвоних установок.

3. Розроблена методологія кореляційного аналізу сигналів інформативних параметрів дзвоних еталонних установок та застосування контрольних карт, які дають можливість здійснювати об'єктивну оцінку відтворюваних витрат газу та більш досконало оцінювати складову похибки від нестабільності відтворюваних витрат при оцінюванні відповідності засобів для обліку природного газу, що дає можливість її використання в програмах та методиках метрологічної атестації еталонних установок.

4. Розроблений метод визначення коефіцієнтів вагомості для визначення комплексного показника якості витратовимірювальної техніки за метрологічними та експлуатаційними характеристиками, який може застосовуватись для оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу і придатний для об'єктивної оцінки не тільки для робочих засобів обліку, але і для еталонів об'єму і об'ємної витрати газу.

5. Розроблені напрями технічного удосконалення робочих еталонів витратовимірювальної техніки, які стосуються вибору приєднувальних трубопроводів до еталонних лічильників роторного типу і патентозахищених конструктивних удосконалень дзвоних установок.

6. Методологічно обґрунтована і вперше здійснена практична апробація процедури міждержавних звірень національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу за участю державного первинного еталона України, що підтвердило його рівень відповідності до аналогічних закордонних національних еталонів і забезпечило можливість занесення еталонної бази ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» у СМС-таблиці (Calibration and Measurement Capabilities) Міжнародного бюро мір і ваг (BIPM), м. Париж.

7. Здійснено теоретичне та методологічне удосконалення передавання одиниці об'ємної витрати газу від державного первинного еталона до еталонів на базі критичних сопел, що дає можливість створення єдиної державної повірочної схеми одиниць об'ємної та масової витрати.

8. Розроблений додаток 2 (Вимоги до лічильників газу та пристроїв перетворення об'єму) до технічного регламенту щодо суттєвих вимог до засобів вимірювальної техніки, який регламентує основні вимоги до технічних і метрологічних характеристик лічильників газу і вимог їх безпеки експлуатації, а також регламентує методику оцінювання їх відповідності згідно доказової бази, яка конкретизована в національних стандартах України, а також розроблені і впроваджені у метрологічну практику України нові нормативні документи, які регламентують методики проведення метрологічних процедур при оцінюванні відповідності засобів для обліку природного газу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Середюк Д.О. Моделювання фізичних процесів у дзвоних еталонних установках / Д.О. Середюк // Методи та прилади контролю якості. – 2010. – №24. – С.54–58.

2. Петришин І.С. Міждержавні звірення еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу в рамках проекту КООМЕТ 219/SK/00/ І.С. Петришин, П.Я. Джочко, Д.О. Середюк, Я.В. Безгачнюк // Український метрологічний журнал. – 2009. – №3.– С. 41–45.

3. Середюк Д.О. Математичне моделювання оцінки технічного рівня лічильників газу з використанням комплексного показника якості // Моделювання та інформаційні технології: збірник наукових праць Національної академії наук України. Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2006. – Вип. 37. – С. 50-59.

4. Середюк Д.О. Методика визначення коефіцієнтів вагомості складових комплексного показника якості лічильників газу / Д.О. Середюк, І.С. Кісіль // Методи та прилади контролю якості. – 2005. - №15. – С. 12–15.

5. Петришин І.С. Дослідження стабільності процесу відтворення одиниці об'ємної витрати газу державним еталоном / І.С. Петришин, Д.О. Середюк, Н.І. Петришин // Український метрологічний журнал. – 2010. – №1. – С.46 – 49.

6. Петришин І.С. Впровадження еталонів передавання в повірочну практику засобів вимірювальної техніки об'єму та об'ємної витрати газу / І.С. Петришин, Я.В. Безгачнюк, Д.О. Середюк//Український метрологічний журнал.–2006.–№4.–С.55–59.

7. Середюк О.Є. Пристрій для діагностування форми дзвона витратовимірювальних установок / О.Є. Середюк, І.С. Петришин, Д.О.Середюк, М.М. Дмитрусь // Наукові вісті інституту менеджменту та економіки «Галицька академія». – 2006. – №1(9). – С. 49-53.

8. Середюк Д.О. Математична модель діагностування технічного стану побутових лічильників газу / Д.О. Середюк, О.Є. Середюк, В.В. Костинюк // Наук. вісті ін-ту менеджменту та економіки «Галицька академія». – 2005. –№2(8).–С.17-22.

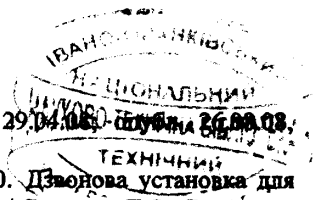
9. Метрологія. Еталонні лічильники газу. Типова програма та методика державної метрологічної атестації / І.Петришин, Я.Безгачнюк, Д.Середюк. – [Чинна від 2006-05-18. Наказ ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» №171 від 18.05.2006р.]. – Івано-Франківськ: ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», 2006.–І, 11с.–(Нормативний документ Держспоживстандарту України: Методика).

10. Метрологія. Установки повірочні з еталонними лічильниками газу. Методика повірки: МПУ-168-03-2008. / І.Петришин, Я.Безгачнюк, Д.Середюк. – [Чинна від 2008-09-01]. – Івано-Франківськ: ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», 2008. – II, 10с. – (Нормативний документ Держспоживстандарту України: Методика).

11. Метрологія. Установки повірочні лічильників газу з еталонними критичними соплами. Методика повірки. / І.Петришин, П.Джочко, Я.Безгачнюк, Д.Середюк. – [Чинна від 2007-05-31. Наказ ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» №201 від 31.05.2007р.]. – Івано-Франківськ: ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», 2007. – I, 9с. – (Нормативний документ Держспоживстандарту України: Методика).

12. Метрологія. Еталони об'єму та об'ємної витрати газу дзвонового типу. Методика звірень: РМУ-024-2008. / І.Петришин, О.Середюк, Я.Безгачнюк, Д.Середюк. – [Чинна від 2008-09-01]. – Івано-Франківськ: ДП "Івано-Франківськстандартметрологія", 2008. – II, 11 с. – (Нормативний документ Держспоживстандарту України: Інструкція).

13. Пат. 35076 А Україна, МПК 7 G01F25/00. Робочий еталон об'єму і витрати газу дзвонового типу / Середюк О.Є., Середюк Д.О.; заявники і патентовласники



Середюк О.Є., Середюк Д.О. – № 200805528; заявл. 29.04.08; опубл. 26.09.08; Бюл.№16.

14. Пат. 27563 У Україна, МПК (2006) G 01 F 25/00. Дзвонова установка для градування та перевірки витратомірів і лічильників газу / Середюк Д.О., Винничук А.Г., Середюк О.Є., Чеховський С.А.; заявник і патентовласник Івано-Франківський націон. техн. ун-т нафти і газу. – № u200705883; заявл. 29.05.07; опубл. 12.11.07, Бюл.№18.

15. Пат. 91228 С2 Україна, МПК (2009) G 01 F 25/00. Еталонна установка дзвонового типу / Кузь М.В., Середюк Д.О., Безгачнюк Я.В.; заявники і патентовласники Кузь М.В., Середюк Д.О., Безгачнюк Я.В. – № а 200800139; заявл. 02.01.08; опубл. 12.07.10, Бюл. №13.

16. Пат. 61881 У Україна, МПК (2011.01) G 01 F 25/00. Пристрій для калібрування, метрологічної атестації та перевірки сопел критичного витоку / Петришин І.С., Джочко П.Я., Середюк Д.О., Безгачнюк Я.В.; заявники і патентовласники Петришин І.С., Джочко П.Я., Середюк Д.О., Безгачнюк Я.В.– №u2011 04886; заявл. 19.04.11; опубл. 25.07.11, Бюл. №14.

17. Пат. 17355 У Україна, МПК (2006) G01F25/00, G01F1/00. Спосіб перевірки витратомірів і лічильників газу та рідин / Середюк О.Є., Середюк Д.О.; заявник і патентовласник Середюк О.Є., Середюк Д.О. - №u200603913; заявл.10.04.06; опубл.15.09.06, Бюл. №9.

18. Середюк О.Є. Дослідження впливу нестабільності вертикального положення дзвона на метрологічні характеристики еталонних установок / О.Є. Середюк, Д.О. Середюк // Приладобудування 2004: стан і перспективи: 3 – я наук.–техн. конф., 20–21 квітня 2004 р., Київ: зб. наук. праць – Київ: ПБФ НТУУ “КПІ”, 2004.– С.247-248.

19. Середюк О.Є. Спектральний аналіз інформативних параметрів дзвонових витратовимірювальних установок / О.Є. Середюк, І.С. Петришин, Д.О. Середюк // Приладобудування 2005: стан і перспективи: 4-а наук. – техн. конф., 26–27 квітня 2005 р., м. Київ: зб. наук. праць. – Київ: ПБФ, НТУУ “КПІ”, 2005. – С. 272–273.

20. Петришин І.С. Дослідження характеристик робочих еталонів об'єму газу роторного типу / І.С. Петришин, Я.В. Безгачнюк, Д.О. Середюк // Приладобудування 2006: стан і перспективи: 5-а наук.– техн. конф., 25–26 квітня 2006 р., м. Київ: зб. наук. праць. – Київ: ПБФ, НТУУ “КПІ”, 2006. – С. 292–293.

21. Крук И.С. Применение корреляционного анализа при метрологических исследованиях поверочных установок для счетчиков газа / И.С. Крук, Д.О. Середюк // Энергосбережение в системах тепло- и газоснабжения. Повышение энергетической эффективности: 2-я научн.–практ. конф., 31мая – 2 июня 2011г, Санкт-Петербург: материалы конф. – Санкт-Петербург, 2011. – С.49–54.

22. Петришин І.С. Аналіз комплексного показника якості турбінних лічильників газу / І.С. Петришин, Д.О. Середюк // Приладобудування 2004: стан і перспективи: 3-а наук.-техн.конф., 20-21 квітня 2004р., м. Київ: зб. наук праць. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2004. – С.242-243.

23. Середюк Д.О. Застосування комплексного показника якості для оцінки технічного рівня лічильників газу / Д.О. Середюк, Н.І. Петришин // Вимірювання витрати та кількості газу: матеріали всеукраїнської наук.-техн. конф. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, Факел, 2005. – С. 60.

24. Петришин І.С. Дослідження стабільності процесу відтворення одиниці об'єму при калібруванні засобів вимірювання об'єму газу / І.С. Петришин, Д.О. Середюк, Н.І. Петришин // Вимірювання витрати та кількості газу: 6-а всеукр. наук.-техн. конф., 20-21 жовтня 2009 р., Івано-Франківськ: матеріали конф.– Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, Факел, 2009. –С.52.

25. Середюк Д.О. Експериментальні дослідження впливу конструкції приєднувальних трубопроводів на метрологічні характеристики еталонних роторних лічильників / Д.О. Середюк // Вимірювання витрати та кількості газу: 7-а всеукр. наук.-техн. конф., 25-27 жовтня 2011 р., м. Івано-Франківськ: матеріали конф.– Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011. – С.64.

26. Петришин І.С. Впровадження еталонів передавання в повірочну практику засобів вимірювальної техніки об'єму та об'ємної витрати газу / І.С. Петришин, Я.В. Безгачнюк, Д.О. Середюк // Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія–2006): V міжнар. наук.–техн. конф., 10–12 жовтня 2006р, Харків: наукові праці конф.: у 2 т. – Т2. – Харків: ННЦ „Інститут метрології”. – 2006. – С.223–226.

27. Петришин І.С. Результати міждержавних звірень національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу / І.С. Петришин, Я.В. Безгачнюк, Д.О. Середюк // Вимірювання витрати та кількості газу: 5-а всеукр. наук.-техн. конф., 23-25 жовтня 2007 р., Івано-Франківськ: зб. тез доповідей. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, Факел, 2007. –С.7.

28. Петришин І.С. Проведення міжнародних звірень ДП «Івано-Франківськ-стандартметрологія» / І.С. Петришин, П.Я. Джочко, Д.О. Середюк // Вимірювання витрати та кількості газу: 7-а всеукр. наук.-техн. конф., 25-27 жовтня 2011р., м.Івано-Франківськ: матеріали конф.–Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2011.–С.4.

29. Петришин І.С. Розроблення схеми передачі одиниці об'єму та об'ємної витрати газу від державного первинного еталона одиниці об'єму та об'ємної витрати газу до робочих еталонів на базі сопел критичного витоку / І.С. Петришин, П.Я. Джочко, Д.О. Середюк, Я.В. Безгачнюк // Вимірювання витрати та кількості газу: 6-а всеукр. наук.-техн. конф., 20-21 жовтня 2009 р., Івано-Франківськ: матеріали конф.– Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, Факел, 2009. – С.26.

30. Петришин І.С. Методологія передавання розміру одиниці об'ємної витрати газу робочим еталонам на базі критичних сопел / І.С. Петришин, Я.В. Безгачнюк, Д.О. Середюк // Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія–2010): VII міжнар. наук.–техн. конф., 12–14 жовтня 2010р, Харків: наукові праці конф.: у 2 т. – Т2. – Харків: ННЦ „Інститут метрології”. – 2010. – С.188–191.

АНОТАЦІЯ

Середюк Д.О. Удосконалення методів та пристроїв забезпечення оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення. – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2012.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладного завдання забезпечення єдності вимірювань об'єму та об'ємної витрати природного газу

шляхом удосконалення методів та пристроїв забезпечення оцінювання відповідності метрологічних характеристик засобів для обліку природного газу.

Проведені теоретичні дослідження фізичних процесів в дзюнових еталонних установках. Здійснено аналітичне моделювання впливу гідродинамічних процесів на фронтальний опір при наближенні дзвона до дна кільцевого резервуара з обертовим стабілізуючим кільцем. Змодельований вплив кута нахилу дзвона еталонної установки на її похибку. Розроблена методологія кореляційного аналізу сигналів інформативних параметрів для оцінювання стабільності відтворюваної витрати дзюновими установками. Розроблений метод визначення коефіцієнтів вагомості для оцінювання комплексного показника якості лічильників газу. Теоретично та методологічно вдосконалено передавання одиниці об'ємної витрати газу від державного первинного еталона до еталонів на базі критичних сопел. Обґрунтовано і вперше здійснено практичну апробацію процедури міждержавних звірень національних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу за участю державного первинного еталона України з використанням спеціальних еталонних засобів передавання одиниці. Розроблені і впроваджені у практику нормативні документи, які забезпечують оцінювання відповідності засобів для обліку природного газу.

Ключові слова: еталонна витратовимірювальна установка, кореляційний аналіз, лічильник газу, оцінювання відповідності, комплексний показник якості, міждержавні звірення, передавання одиниці, похибка вимірювань.

АННОТАЦІЯ

Середюк Д.О. Совершенствование методов и устройств обеспечения оценки соответствия средств для учета природного газа. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.01.02 - стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение. - Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2012. Диссертация посвящена решению научно-прикладной задачи обеспечения единства измерений объема и объемного расхода природного газа путем совершенствования методов и устройств обеспечения оценки соответствия метрологических характеристик средств для учета природного газа. Проведенные теоретические исследования физических процессов в эталонных средствах для обеспечения оценки соответствия расходоизмерительной техники. В этом направлении осуществлено аналитическое моделирование влияния гидродинамических явлений при опускании колокола до дна кольцевого резервуара с вращающимся стабилизирующим кольцом. Это дало возможность выявить условия для уменьшения гидродинамических сил фронтального сопротивления перемещению колокола, что способствует стабилизации давления под ним и как следствие повышению точности колокольной установки. Осуществлено моделирование влияния угла наклона колокола эталонной установки на составляющую погрешности от отклонения от вертикального положения колокола при воспроизведении установкой контрольного объема газа. Разработана методология корреляционного анализа сигналов информативных параметров колокольных эталонных установок для оценки составляющей погрешности от

нестабильности воспроизводимых расходов газа эталонными установками. Разработан метод определения коэффициентов весомости для оценки комплексного показателя качества счетчиков газа по метрологическим и эксплуатационным характеристикам. Теоретически и методологически усовершенствована передача единицы объемного расхода газа от государственного первичного эталона к эталонам на базе критических сопел, что дает возможность создания единой государственной поверочной схемы единицы объемного и массового расхода газа. Обоснована и впервые осуществлена практическая апробация процедуры межгосударственных сличений национальных эталонов единиц объема и объемного расхода газа при участии государственного первичного эталона Украины с использованием специальных эталонных средств передачи единицы, что подтвердило международный уровень соответствия государственного эталона. Разработаны и внедрены в практику нормативные документы, обеспечивающие оценки соответствия средств для учета природного газа.

Ключевые слова: эталонная расходоизмерительные установка, корреляционный анализ, счетчик газа, оценка соответствия, комплексный показатель качества, межгосударственные сличения, передача единицы, погрешность измерений.

ABSTRACT

Seredyuk D.O. Improved methods and devices to ensure conformity assessment of accounting for natural gas. - Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.01.02 - standardization, and certification. - Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2012.

The thesis is devoted to solving scientific and applied tasks to ensure traceability volume and volumetric flow of natural gas through improved methods and devices to ensure conformity assessment metrological characteristics of accounting for natural gas. Theoretical study of physical processes in the bell of standard installations. Analytical modeling of hydrodynamic processes in the frontal resistance when approaching the bottom of the bell ring tank with rotating stabilizing ring. Modeled impact angle bell reference installation on its accuracy. Methodology correlation analysis of signals informative parameters for evaluating the stability of playing costs bell installations. The developed method for determining the weight coefficients for evaluating complex quality gas meters. Theory and measurement improved transmission unit volumetric flow of gas from the state primary standard to standards-based critical nozzles. Proved and the first time a practical testing procedures of international comparisons of national measurement standards unit volume and volumetric flow of gas with state primary standard of Ukraine with special reference of the transmission unit. Developed and introduced into practice regulations that provide conformity assessment of accounting for natural gas.

Keywords: reference vytratovymiryvalna installation, correlation analysis, gas meter, conformity assessment, comprehensive indicator of quality, international comparisons, the transmission unit measurements.