



ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., с.н.с. Большакова В.Б.

на дисертаційну роботу Кузя Миколи Васильовича

«Розвиток метрологічного забезпечення експлуатації засобів вимірювань
об'єму та витрати газу»,

яку подано на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Дисертаційна робота М.В. Кузя складається зі вступу, шести розділів, висновків, переліку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи 310 сторінок, які містять: 292 сторінки основного тексту, 48 таблиць, 84 рисунка, з них 1 на окремому аркуші, список використаних джерел з 183 найменувань на 25-ти сторінках та 7 додатків на 17 сторінках.

Дисертація М.В. Кузя є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані розробки, що в сукупності забезпечують розв'язання значної прикладної проблеми у галузі метрології, яка полягає в розвитку метрологічного забезпечення вимірювань об'єму та об'ємної витрати природного газу відповідними засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) в умовах їх експлуатації, включаючи всі її аспекти від розроблення, удосконалення і метрологічних досліджень еталонів та робочих ЗВТ вказаних фізичних величин, до актуалізації та вдосконалення чинних нормативних документів з витратометрії природного газу, впровадження отриманих результатів в метрологічну практику України.

На основі виконаних досліджень дисертантом розвинуто наукові основи метрологічного забезпечення приладового обліку природного газу в натурних умовах, забезпечено підвищення його точності і ефективності за рахунок виявлення та зменшення похибок вимірювання витрати та об'єму газу, розроблення організаційно-методичних нормативних документів з метрології стосовно визначення його витрат і втрат, що сприятиме розвитку витратометрії природного газу, раціональному використанні паливно-енергетичних ресурсів країни.

Актуальність теми визначається необхідністю досягнення не тільки енергетичної незалежності України в умовах її імпортозалежності в природному газі, зростання вартості енергоносіїв, але і енергетичної безпеки України, як це підкреслено у посиланні Президента до Верховної Ради «Європейський вибір. Концептуальні засади стратегії економічного та соціального розвитку України на 2002 – 2011 роки», що обумовлено енергетичним дефіцитом, міжнародною обстановкою.

Важливість вибраної теми, необхідність її вирішення і, як слід, підвищення якості обліку природного газу, об'єктивності в проведенні розрахунків за спожитий газ, підтверджується низкою Законів та Постанов директивних органів України і, зокрема: Законом України „Про енергозбереження” та Постановою Кабінету Міністрів України „Про затвердження Концепції створення єдиної системи обліку природного газу”, в яких підкреслюється необхідність забезпечення високого рівня достовірності вимірювань об'єму та витрати природного газу під час його видобування, транспортування, зберігання та споживання, удосконалення системи обліку газу на всіх її рівнях та забезпечення ефективності його використання.

Основоположним моментом виконання цих завдань є вирішення проблеми комплексного розвитку метрологічного забезпечення вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу в реальних умовах, включаючи всі аспекти експлуатації відповідних ЗВТ і його нормативного забезпечення. Розв'язанню цієї проблеми і присвячена дисертаційна робота Кузя М.В. і тому її актуальність і важливість не викликає сумніву.

Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі, полягає в тому, що в ній, з метою підвищення точності вимірювань при вирішенні проблеми раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, на основі виконаних аналізу, теоретичних та експериментальних досліджень розроблені науково-технічні, нормативні та методологічні засади розвитку метрологічного забезпечення вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу відповідними ЗВТ в умовах їх експлуатації, основними з яких є:

- вперше розроблено та обґрунтовано

- 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 та забезпечує можливість підвищення точності його обліку до 96 %,

- 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,

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

- дістали подальший розвиток методологічні основи прогнозного моделювання стабільності характеристик еталонних та промислових лічильників газу під час експлуатації, що дає можливість теоретично оцінити динаміку зміни метрологічних характеристик цих ЗВТ і контролювати їх відповідність вимогам нормативних документів впродовж міжповірочного інтервалу;

- уdosконалено методи визначення складових похибок робочих еталонів та лічильників об'єму та витрати газу, на основі теоретичних досліджень фізичних процесів, які протікають в цих ЗВТ, що дає змогу зменшити складову похибки відтворення об'єму газу від впливу коливання тиску з 0,27 % до 0,08 % та вдвічі зменшити (з 0,0147 % до 0,0075 %) вплив температури на похибки передачі розміру одиниці об'єму газу повірочними установками дзвонового типу.

До переваг виконаних досліджень слід віднести системний підхід при вирішенні комплексної проблеми розвитку метрологічного забезпечення вимірювань об'єму та витрати природного газу на основі аналізу і вdosконалення науково-технічних, нормативних та організаційних аспектів вимірювання при експлуатації цих ЗВТ, що і зумовило досягнення мети роботи.

Особливо треба відмітити вперше запропоновану та теоретичне обґрунтовану здобувачем методологію створення робочих еталонів еквівалентного рідинно-газового заміщення, яка здатна забезпечувати передавання розмірів одиниць об'єму та витрати лічильникам та витратомірам газу від еталонних ЗВТ витрати рідини, що дає змогу, з однієї сторони, здійснювати передавання розмірів одиниць об'єму та витрати газу і рідини в рамках одного виду вимірювань – від Державного еталону витрати рідини, чим забезпечиться єдність вимірювання об'єму та витрати рідини і природного газу у державі, з другої – знизити практично в 2 рази границі відносної похибки вимірювання витрати газу у порівнянні з існуючою методологією.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджуються чітким формуллюванням мети,

коректністю постановки і вирішення завдань дослідження, використанням широко апробованих методів математичного моделювання фізичних процесів у робочих еталонах об'єму та витрати природного газу на базі основного рівняння стану реального газу, теорії вимірювань та планування експерименту, математичної статистики і методів чисової обробки результатів експериментів. Математичне моделювання складових похибок робочих еталонів, їх програмного забезпечення та побудова метрологічних моделей базуються на класичних теоріях похибок, імовірності, невизначеності у вимірюваннях із застосуванням методу структурного аналізу компонентів похибок і імовірнісних методів сумування складових похибки вимірювання.

Достовірність наукових результатів, положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджується як результатами коректно виконаних експериментальних досліджень, їх апробацією в реальних умовах експлуатації ЗВТ, так і результатами математичних розрахунків та їх високою кореляцією з частково відомими даними.

Верифікацію розроблених математичних моделей, алгоритмів, розрахункових оцінок запропонованих методів є їх широка наукова апробація, впровадження в національне господарство.

Таким чином, М.В. Кузем отримані нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності забезпечують розв'язання значної прикладної проблеми в галузі метрології.

Практична цінність отриманих у дисертації результатів полягає у тому, що на базі репрезентативних досліджень, які спрямовані на розвиток науково-технічних основ метрологічного забезпечення експлуатації ЗВТ витрати та об'єму природного газу, розроблено

- організаційні засади метрологічного забезпечення повірки вторинних та робочих еталонів, лічильників та витратомірів газу на основі діаграм станів, що дає змогу своєчасно, оперативно і оптимальним чином проводити 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,

- комплект програмних та експлуатаційних документів, які відповідно до вимог Єдиної системи програмної документації, забезпечує проведення випробувань програмного продукту робочих еталонів об'єму та витрати природного газу з метою визначення його якісних показників, таких як надійність, зручність використання, ефективність, універсальність, функціональність,

- методологію діагностування побутових лічильників газу шляхом зміни значень параметрів природного газу, що дає можливість контролювати їх метрологічні характеристики впродовж міжповірочних інтервалів,

- компенсатор температури газу, який є новим конструктивним елементом в системі обліку газу, що забезпечує пряму корекцію об'єму газу і компенсацію впливу температури на вимірюваний об'єм, чим дає змогу підвищити точність і достовірність обліку спожитого населенням газу до 4,0 %.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в метрологічну практику України

- як в підприємства:

- ПАТ Івано-Франківський завод „Промприлад” – установка для перевірки промислових лічильників газу та комплексів лічильник-коректор (діапазон відтворюваних витрат від 2,5 м³/год до 2500 м³/год, границі відносної допустимої похибки при вимірюванні об'єму газу ±0,33%), експлуатація якої забезпечила проведення щорічно з 2011 року періодичної повірки близько 300 вимірювальних комплексів газу ЛГ-ОКВГ (акт впровадження від 05.11.2013 р.),

- ІВФ „Темпо” – модернізована перевірочна установка дзвонового типу Темпо-1 (діапазон відтворюваних витрат від 0,016 м³/год до 10 м³/год, границі відносної допустимої похибки при вимірюванні об'єму газу ±0,15%), експлуатація якої забезпечила щорічно, починаючи з 2008 року, періодичну повірку близько 400 лічильників газу типорозмірів G1,6; G2,5; G4; G6 (акт впровадження від 10.12.2013 р.),

- ТОВ „Західний інженерно-технічний центр” – компенсатор температури газу, що забезпечило підвищення точності обліку газу побутовими лічильниками газу до 4% (акт впровадження від 25.04.2014 р.);

- так і в організаційно-методичну нормативну базу з метрології:

- Державний стандарт 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;

- та в навчальній процес кафедри програмної інженерії, прикладної математики та фізики при викладанні дисциплін: 6.060101/3.07 „Метрологія і

стандартизація”, 6.060101/3.23 „Теплогазопостачання та вентиляція”, 6.060101/3.02 „Технічна механіка рідин і газу” (довідка про впровадження від 15.09.2014 р.).

Варто відмітити, що розробки М.В. Кузя виконані на рівні винаходів – захищені 6-ма патентами України (із них 1 одноосібний).

Все це підтверджує оригінальність і практичну цінність роботи.

Доцільно рекомендувати більш широке використання результатів дисертаційної роботи національними підприємствами і організаціями, які займаються

- актуалізацією та модернізацією системи забезпечення єдності вимірювань витрати та об'єму природного газу,

- розробленням організаційно-методичних нормативних документів з метрології стосовно забезпечення єдності вимірювань витрати і об'єму природного газу,

- розробленням, виробництвом, калібруванням (повіркою), атестацією ЗВТ витрати та об'єму природного газу,

- розподілом і обліком природного газу.

Повнота викладення основних наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, в опублікованих здобувачем працях має місце: за темою дисертації опубліковано 57 робіт, у тому числі: 1 монографія, 30 наукових праць (із них 16 одноосібних), із яких 25 опубліковано у виданнях, що входять до Переліку наукових фахових видань України та 5 в закордонних спеціалізованих періодичних наукових виданнях, з них 9 внесені до міжнародних наукометрических баз (IET Inspec (Англія), Index Copernicus (Польща), РИНЦ (Росія)), навчальний посібник з грифом МОН України, Національний стандарт України, 2 нормативні документи з метрології, які занесені до Державного реєстру України.

В усіх публікаціях є повний опис наукових результатів.

Робота пройшла широку апробацію: її основні наукові положення, висновки і рекомендації доповідались на 16-ти міжнародних, всеукраїнських та звітних науково-технічних конференціях.

Публікації в повному обсязі відображають основні результати дисертаційної роботи.

Авторська участь дисертанта в спільних працях відзначена у висновку організації, де виконувалася дисертація. Аналіз цього висновку дозволяє зробити висновок, що основні результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані безпосередньо дисертантом.

Зміст дисертаційної роботи відповідає

- паспорту спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення, як формулі, так і напрямам досліджень,
- профілю спеціалізованої вченої ради Д 64.827.01.

Результати наукових досліджень, за якими здобувач в 2006 р. захистив кандидатську дисертацію «Методи та пристрой зменшення впливу кліматичних факторів на облік газу в комунально-побутовій сфері» за спеціальністю 05.11.01 – прилади та методи вимірювання механічних величин, не виносяться на захист даної докторської дисертації.

Дисертацію написано в основному технічно грамотною українською мовою та оформлено відповідно до вимог, які ставляться до них в документі «Вимоги до оформлення дисертацій та авторефератів дисертацій» (Бюл. ВАК України, №9-10, 2011).

Робота добре ілюстрована, виконана на вельми високому рівні.

Автореферат дисертації адекватно відображає основний зміст, положення, висновки, рекомендації дисертаційної роботи.

Разом з тим, незважаючи на в цілому високій рівень виконаних досліджень, дисертаційній роботі притаманні ряд недоліків і, зокрема:

- 1) Не пояснено, куди зникає решта природного газу, якщо, згідно з табл. 1.1 та рис. 1.2, обсяги споживання природного газу (наприклад, в 2015 р) населенням складають 54,7 % а промисловістю – 9,2 % від його виробництва.
- 2) Недостатньо повно, в порівнянні зі схемою передавання розміру одиниці витрати газу в Німеччині (рис. 1.3), проаналізована аналогічна схема для Нідерландів (рис. 1.4).
- 3) Твердження дисертанта (стор. 24), що «тиск та температура природного газу, який використовується в побуті, корельовані величини» з коефіцієнтом кореляції $k = 1$, як це слідує із наступних висновків (табл. 1.5), взагалі кажучи, не зовсім коректно і вимагає відповідного пояснення.
- 4) Формула (2.3), яка нормує граници невизначеності систематичної похибки вимірювального комплексу представлена невірно: повинен бути не модуль суми, а сума модулів складових.
- 5) У формулі (3.2) позначення температури $\Delta T, \bar{T}, T_b, T_n$ не відповідають вимогам нормативних документів з метрології – повинно бути $\Delta t, \bar{t}, t_b, t_n$. Analogічне зауваження до формул (3.4) – (3.7).

6) На рис. 3.4; 3.7; та 3.19 представлені результати виконаних дуже важливих для роботи експериментальних досліджень. Однак, ні методики вимірювань, обробки результатів спостережень, ні оцінки їх похибок і границь довірчих інтервалів тощо не приведено.

7) Методологія визначення метрологічних характеристик обчислюваних компонентів еталонів одиниць об'єму та витрати газу (п. 4.4.2) перенасичена однотипними формулами, використання яких буде доцільнішим в методиках, що розроблятимуться на основі даної методології.

8) При розробленні методології коригування функціональної залежності похибки побутових лічильників газу від його витрати (п. 5.5) доцільно було розглянути типові залежності відносних похибок більшого асортименту лічильників, а не лише Gallus 2002 (рис. 5.12).

9) В табл. 6.4. приведена втрата тиску в мембраних лічильниках природного газу тільки при $1 \leq q_{V_{max}} \leq 10$ та $16 \leq q_{V_{max}} \leq 65$, але нічого не сказано про її величину для проміжних значень максимальної об'ємної витрати $q_{V_{max}}$.

10) Виходячи з рис. 6.4, дисертантом робиться висновок (стор. 245), що «значення втрат тиску в побутових лічильниках газу одинакові у всьому діапазоні об'ємних витрат газу від $0,016 \text{ м}^3/\text{год}$ до $16 \text{ м}^3/\text{год}$ », однак, саме рис. 6.4 свідчить про зворотне: ці значення змінюються, щоправда, східчасто від 60 Па до 330 Па.

11) В роботі мають місце некоректності та неточності, наприклад:

- (стор. 53) ... витрата, що вимірюється критичними соплами, визначається тільки «температурою гальмування»;

- (стор. 91). Зміна об'єму газу (в залежності від коефіцієнта корекції P/P_0) не до 4,0 %, як зазначено в роботі, а до 2,0 %,

- (стор. 94). В рівнянні Фур'є в циліндричних координатах замість « x » повинно бути « r »;

- (стор. 97). Позначення електричного опору не відповідає позначеною цієї фізичної величини у формулі на стор. 93,

- (стор. 102). У апроксимаційному поліномі (2.49), який побудований на основі експериментальних даних, некоректно виконано округлення результатів вичислення – приведено неоправдана велика кількість (6) значущих цифр після коми;

- (стор. 142). Замість: «З врахуванням (температури газу, ... (табл. 1.2 та 3.2)...)» повинно бути: «З врахуванням (температури газу, ... (табл. 1.2 та 3.1)...)».

Однак, незважаючи на те, що зроблені зауваження дещо знижують, як відмічалось раніше, високу оцінку роботи, можна констатувати, що вони носять частковий характер і не стосуються основних положень дисертації, що виносяться на захист.

В цілому, на основі проведеного аналізу можна зробити **висновок**, що дисертаційна робота М.В.Кузя є завершеною працею, яка містить нові науково обґрунтовані розробки, що в сукупності забезпечують розв'язання значної прикладної проблеми у галузі метрології – розвиток науково-технічних зasad метрологічного забезпечення вимірювання об'єму та об'ємної витрати природного газу відповідними засобами вимірювальної техніки в умовах їх експлуатації, відповідає науковому рівню робіт, що подаються на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. За актуальністю, науковим рівнем розробок та їх практичним втіленням, наявністю необхідної кількості і обсягу публікацій та аprobacij дисертаційна робота Кузя М.В. «Розвиток метрологічного забезпечення експлуатації засобів вимірювань об'єму та витрати газу» відповідає вимогам п. 9, 10, 12-14 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» щодо докторських дисертацій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 та діючим на сьогодні пунктам Наказів Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» від 17.10.2012 № 1112 та від 03.12.2012 № 1380, а її автор Кузь Микола Васильович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент

Віце-президент

Академії метрології України,

Заслужений діяч науки і техніки України,

д.т.н., с.н.с.



В.Б. Большаков