006.91
В 58

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

Власюк Ярослав Михайлович

УДК 066.91:681.121.089

+681.12
006.91:681.12 (043)
В 58

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ І НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВУЗЛІВ ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Спеціальність 05.01.02 – Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Автореферат дисертації на здобуття наукового степеня кандидата технічних наук

Івано-Франківськ – 2012

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА ТЕХНІЧНИЙ

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Івано–Франківському національному технічному університеті нафти і газу
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки
Кісіль Ігор Степанович,
Івано–Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано–Франківськ, завідувач кафедри «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції»

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, ст. наук. співробітник
Колпак Богдан Дмитрович,
ДП Науково–дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем (ДП НДІ «Система»), м. Львів, керівник відділення метрології систем, головний науковий консультант

доктор технічних наук, ст. наук. співробітник,
Заслужений діяч науки і техніки України
Большаков Володимир Борисович,
Національний науковий центр «Інститут метрології», м. Харків, головний науковий співробітник

Захист відбудеться 02 листопада 2012р. о 10^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д20.052.03 у Івано–Франківському національному технічному університеті нафти і газу
(76019, м. Івано–Франківськ, вул.. Карпатська, 15, конференцзал)

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Івано–Франківського національного технічного університету нафти і газу: м. Івано–Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий 17.09 2012р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, к.т.н., проф. М. М. Дранчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Останнім часом в Україні актуальною є проблема економії енергоносіїв. Особливо це стосується природного газу. Одними із напрямів робіт, які направлені на ефективне використання природного газу і його економію як в побуті, так і в промисловості є приладовий облік газу і підвищення точності засобів вимірювання витрати і кількості газу.

Характерними аспектами, що впливають на точність і надійність результатів і засобів обліку газу, є те, що в Україні повірку лічильників природного газу здійснюють шляхом використання повітря, а визначені при цьому метрологічні характеристики цих лічильників не враховують відмінностей між фізико–хімічними параметрами повітря і природного газу і впливу тиску і температури вимірюваного природного газу на метрологічні характеристики лічильників. Проведення експериментальних досліджень в цьому напрямку дозволять в подальшому використати ці результати для розроблення рекомендацій по врахуванню та запобіганню вказаних вище факторів.

Лічильники газу (турбінні, ультразвукові, роторні), які на даний момент використовуються, вузли обліку газу, до складу яких входять ці лічильники, вимагають удосконалення як конструкцій, структури, так і методик проведення ними вимірювання з метою підвищення точності і надійності роботи. Необхідним є також кардинальне покращення метрологічного забезпечення сучасних лічильників.

З метою забезпечення високого рівня достовірності вимірювання об'єму газу, удосконалення системи обліку газу на всіх рівнях та забезпечення ефективності використання газу в Україні діють нормативні, правові акти, які підтверджують актуальність дослідження промислових лічильників газу, вузлів обліку газу, необхідність покращення та оцінки в умовах експлуатації їх метрологічних характеристик, зокрема:

-"Концепція створення єдиної системи обліку природного газу України", затверджена постановою КМУ від 21.08.2001 р., №1089;

- "Програма створення єдиної системи обліку природного газу України", затверджена наказом Мінпаливенерго від 24.07.2002р., №444;

-"Правила обліку природного газу під час його транспортування газорозподільними мережами, постачання та споживання", затверджені наказом Мінпаливенерго України від 27.12.05р., № 618.

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

Дисертаційна робота виконувалася впродовж 2002–2012рр. відповідно до тематичних планів науково–дослідної держбюджетної теми кафедри «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції» Івано–Франківського національного технічного університету нафти і газу «Розробка методів та засобів контролю технологічних процесів, якості виробів та конструкцій» (2002–2012рр.), госпдоговірної теми №44/06 «Дослідження впливу фізико–хімічних параметрів природного газу на метрологічні характеристики промислових та побутових лічильників газу та роботу газоспоживаючого обладнання» 2006 – 2008рр. (0106U008194), та держбюджетної теми «Наукові основи розробки методів, систем і нормативної бази для вимірювання витрат та контролю обладнання і

НТБ
ІФНТУНГ
an2299

технологічних параметрів в нафтогазовій галузі» 2009–2014рр. (0109U008878), виконавцем яких був автор дисертаційної роботи.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є вдосконалення методів приладового обліку природного газу, вдосконалення нормативної бази щодо виконання такого обліку і перевірки стану вузлів обліку газу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1) здійснити аналіз метрологічних характеристик відомих засобів для вимірювання витрати та обліку природного газу і вузлів його обліку, а також нормативної бази, яка забезпечує вказані вимірювання та облік;

2) провести моделювання турбінних лічильників газу з метою оцінки впливу різних їх конструктивних параметрів на метрологічні характеристики цих лічильників газу шляхом використання CFD (Compututional Fluid Dunamics) технології дослідження;

3) виконати теоретичне дослідження ультразвукових лічильників газу з метою оцінки впливу фізико–хімічних параметрів природного газу на їх метрологічні характеристики;

4) теоретично проаналізувати можливість визначення густини природного газу шляхом використання лічильника газу об'ємного принципу вимірювання і сопла Вентурі;

5) дослідити додаткові похибки вимірювання об'єму природного газу на вузлах обліку внаслідок теплообмінних процесів з навколишнім середовищем;

6) дослідити вплив тиску, температури газу, а також складу газового середовища, що проходить через лічильники газу, на їх метрологічні характеристики;

7) розробити технологію проведення досліджень технічного стану вузлів обліку природного газу із застосуванням контрольних лічильників газу;

8) розробити спосіб комплексного відтворення та передачі еталонних значень витрати природного газу;

9) розробити нормативні документи з метою удосконалення обліку природного газу в Україні лічильниками газу з коректорами об'єму газу і перевірки технічного стану вузлів обліку без демонтажу засобів вимірювальної техніки.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання витрати і приладового обліку природного газу за допомогою промислових роторних, ультразвукових та турбінних лічильників газу і в цілому вузлів обліку.

Предметом дослідження є метрологічні характеристики промислових роторних, ультразвукових та турбінних лічильників газу, а також методологічні аспекти та нормативна база щодо методики виконання вимірювань з використанням лічильника газу та коректора об'єму газу і перевірки технічного стану вузлів обліку газу.

Методи дослідження – теоретичні та експериментальні. Теоретичні методи базуються на математичному моделюванні процесів, що мають місце у промислових лічильниках природного газу з використанням CFD (Compututional Fluid Dunamics) технології дослідження, основного рівняння стану реального газу, теорії поширення ультразвукових хвиль в газовому середовищі, закону збереження маси, а також методик метрологічного аналізу засобів вимірювальної

техніки (ЗВТ) та положень стандартизації щодо викладу і формування нормативної документації.

Експериментальні дослідження проводилися з використанням випробувальної установки ПАТ «Івано–Франківськгаз», а також стандартизованих методик проведення експериментальних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше застосована CFD технологія для досліджень турбінних лічильників газу, яка дозволяє оцінити вплив різних їх конструктивних параметрів і режимів роботи на метрологічні характеристики цих лічильників газу.

2. Вперше теоретично обґрунтована можливість вимірювання густини природного газу шляхом використання лічильника газу об'ємного принципу вимірювання і сопла Вентурі.

3. Вперше здійснений аналіз теплообмінних процесів на різних ділянках вузлів обліку природного газу, що дало можливість оцінити вплив цих теплообмінних процесів та розробити рекомендації з метою зменшення їх впливу на загальну похибку вузлів обліку природного газу (ВОГ).

4. Показано, що покази ультразвукових лічильників газу не залежать від складу газу так як в кінцевій формулі визначення швидкості газу відсутня швидкість звуку в газі

5. Теоретично обґрунтована доцільність застосування контрольних лічильників газу для оцінки технічного стану вузлів обліку газу, що дозволить підвищити достовірність та надійність обліку природного газу.

6. Розроблено спосіб комплексного відтворення, визначення та передачі еталонних значень витрати природного газу з використанням вихідних еталонів з різнотипними (некорельованими між собою) методами функціонування, що дозволяє підвищити достовірність відтворення та зменшити похибку вимірювання.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Розроблені методики проведення експериментальних досліджень щодо впливу тиску, температури і виду газового середовища (природного газу і повітря) на метрологічні характеристики промислових лічильників газу, реалізація яких дозволяє практично оцінювати вплив вказаних параметрів для різних типів промислових лічильників газу.

2. Отримані результати експериментальних досліджень впливу тиску, температури і виду газового середовища (природного газу і повітря) на метрологічні характеристики промислових лічильників газу різного типу, що використовуються при оптимізації вибору лічильників різних типів для різних умов експлуатації та вибору методів повірки (на робочому середовиші - повітря чи природний газ). Запропонований новий вид метрологічної характеристики «середньозважена» додаткова похибка, яка дає можливість враховувати вплив зміни тиску, температури і виду вимірюваного газового середовища (повітря чи газу) на метрологічні характеристики промислових лічильників газу.

3. Розроблена та затверджена в установленому порядку в ДП «Укрметртестстандарт» інструкція Перевірка технічного стану вузлів обліку газу з використанням установки ЕК–Б» (МП 412/03–2010), в якій обумовлені відповідні операції щодо перевірки технічного стану вузлів обліку газу, засобів, які при цьому можуть використовуватися, оцінки умов їх роботи.

4. Розроблена та затверджена в установленому порядку ДП «Укрметртестстандарт» «Типова методика виконання вимірювань з використанням лічильника газу та коректора об'єму газу» (МВУ 034/03–2008), в якій основна увага приділена визначенню загальної похибки вимірюванню об'єму газу вузлом обліку газу, витратовимірювального комплексу в цілому.

5. Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджені у ВАТ Івано–Франківський «Промприлад», у ВАТ «Арсенал», ДП «Укрметртестстандарт», ПАТ «Івано–Франківськгаз», ПрАТ СК «Укргазсервіс». Акти впровадження приведені у додатках дисертаційної роботи.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати теоретичних і експериментальних досліджень, які представлені у дисертації, отримані автором особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належить аналіз відомих приладів для вимірювання витрати та обліку природного газу, що використовуються в даний час на вузлах обліку, а також нормативної бази, яка забезпечує вказані вимірювання та облік газу [3–6]; моделювання турбінних лічильників газу з метою оцінки впливу різних їх конструктивних параметрів на метрологічні характеристики цих лічильників газу шляхом використання CFD технології дослідження [1]; теоретичне дослідження впливу фізико–хімічних параметрів природного газу на функціонування ультразвукових лічильників газу. [7]; теоретичне обґрунтування можливості визначення густини природного газу шляхом використання при цьому об'ємного за принципом вимірювання лічильника газу і сопла Вентурі [16, 17, 21]; проведено дослідження додаткової похибки визначення об'єму природного газу у вузлах його обліку від впливу різних теплообмінних процесів [6, 26, 31]; аналіз впливу тиску, температури природного газу, а також виду газового середовища, що вимірюється лічильниками газу на їх метрологічні характеристики [2]; обґрунтування необхідності застосування контрольних лічильників газу для проведення досліджень технічного стану вузлів обліку природного газу, розроблено ряд удосконалень ЗВТ та інших складових ВОГ [10–15, 18]; розроблення способу відтворення та передавання одиниці вимірювання об'єму та витрати природного газу, а також комплексного відтворення, визначення та передачі еталонних значень витрати газу [8, 10-13]; розроблення удосконалених способів та засобів метрологічної атестації, перевірки та калібрування засобів вимірювання витрати газу [17–21, 23, 25–27, 29]; розроблення нормативних документів з метою удосконалення обліку природного газу в Україні [30–31], приймав участь у розробленні «Програми створення єдиної системи обліку природного газу" [32].

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні положення та експериментальні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 9–х науково–технічних конференціях різних рівнів.

Публікації. За результатами досліджень, які викладено в дисертації, опубліковано 32 наукові праці, у тому числі 9 статей у виданнях, які входять до переліку фахових видань України з них 1 стаття одноособова, отримано 2 свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір, отримано 9 патентів України та 9 тез доповідей у матеріалах державних і міжнародних науково–технічних конференцій, а також 2 нормативні і програмний документи України.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 4–х розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Загальний обсяг

дисертації становить 241 сторінки, у тому числі 39 рисунків та 10 таблиць, 9 додатків, списку використаних джерел, що налічує 115 бібліографічних найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, вказано зв'язок роботи із науковими програмами та темами, сформульовано мету і задачі досліджень, висвітлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі наведені результати аналізу літературних джерел щодо об'єкту та предмету досліджень, концепції створення єдиної системи обліку природного газу в Україні. Здійснений аналіз еталонних установок для випробувань, калібрування, повірки та дослідження метрологічних характеристик лічильників, витратомірів–лічильників та витратомірів на природному газі, а також відомих результатів дослідження впливу фізико–хімічних параметрів природного газу на метрологічні характеристики лічильників газу. При цьому вказано, що в даний час в Україні повірка промислових лічильників, витратомірів–лічильників та витратомірів здійснюється з використанням повітря, що не відповідає фактичному вимірювальному газовому середовищу – природному газу і вносить певні додаткові похибки в результати обліку природного газу промисловими вузлами обліку, які комплектуються такими лічильниками газу.

Вказано, що у ПАТ «Івано–Франківськгаз» створена лабораторія з метрологічним статусом випробувальної на природному газі, де можна досліджувати промислові лічильники газу різних типів при різних витратах, тисках природного газу, де і передбачено проводити такі дослідження.

Крім цього, важливим є також проведення досліджень щодо впливу різних конструктивних параметрів турбінних лічильників газу на їх метрологічні характеристики, що дозволить використовувати результати цих досліджень при розробленні таких лічильників газу і оцінці їх параметрів. При використанні промислових ультразвукових лічильників газу необхідно оцінити вплив на їх роботу складу газу. Вказано також, що з метрологічної точки зору необхідно удосконалити методологію відтворення та передавання одиниці вимірювання об'єму та витрати природного газу, удосконалити способи та засоби метрологічної атестації, повірки та калібрування промислових засобів обліку газу, розробити нормативні документи з метою удосконалення обліку природного газу в Україні.

Вказане є основними задачами досліджень дисертаційної роботи.

У другому розділі основна увага приділена дослідженням турбінних, ультразвукових і роторних лічильників природного газу, а також впливу теплообмінних процесів у вузлах обліку природного газу на похибку визначення об'єму газу.

Дослідження турбінних лічильників газу здійснювалося з використанням CFD технології. При цьому була створена тривимірна цифрова сіткова модель витратоміра і проаналізована його взаємодія з вимірюваним рухомим газовим середовищем з використанням системи диференціальних рівнянь Нав'є–Стокса, рівнянь стану газу, рівнянь, що враховують властивості середовища. Турбінний лічильник при дослідженні умовно був розділений на три основні частини: вхідний канал, зона обертання крильчатки і вихідний канал (рис. 1).

а) *б)*

Рис. 1. Зовнішній вигляд крильчатки витратоміра *(а)* і геометричної частини моделі з вхідним і вихідним каналами і лопатками крильчатки*(б)*

Оскільки геометрія лічильника є осесиметричною, а в тангенціальному напрямі періодичною, то розглядався лише один сектор, рівний 22,5°. Процес руху газу через лічильник вважався ізотермічним. Для побудови сітки і рішення задачі використовувався CFD програма FLUENT, число розрахункових елементів моделі сітки складало близько 50 тис. елементів. Для моделювання процесу обертання крильчатки використовувалася рухома в зоні обертання крильчатки сітка. В результаті для конкретних значень розмірів турбінного лічильника (довжин вхідного і вихідного каналів 0,04 м; внутрішнього радіуса каналів 0,036 м; зовнішньому радіусі 0,051 м; висоті крильчатки 0,014 м; кількості лопаток в робочому колесі 16 шт.; масі крильчатки 0,16 кг) і відповідних параметрів газу (густина 1,225 кг/м^3; динамічна в'язкість $1{,}789 \cdot 10^{-5}$кг/(м/с)) була отримана залежність частоти n обертання турбіни витратоміра від масової витрати G. Крім цього, були отримані залежності сили тертя турбіни F_{mp} від частоти її обертання (рис. 2) і систематичної похибки витратоміра від об'ємної витрати Q (рис. 3).

За допомогою CFD технології було здійснено моделювання перехідних процесів у турбінному лічильнику у вигляді залежностей різних сил, що діють на крильчатку в газі (рис. 4). Як видно з рис. 5, газодинамічна сила тиску потоку F_x на лопатку, що обертається, і сила інерції F_{in} змінюються синхронно із зміною витрати і на етапі розгону досить близькі по абсолютному значенню, в той же час сила тертя змінюється набагато більш плавніше і її абсолютні значення лише асимптотично наближаються знизу до гідродинамічної сили в кінці перехідного процесу.

На етапі гальмування (зменшення витрати) гідродинамічна сила тиску потоку на лопатку F_x, що обертається, монотонно змінюється істотно повільніше у порівнянні з різкішим падінням сили інерції, асимптотично прагнучи до нуля в кінці перехідного процесу.

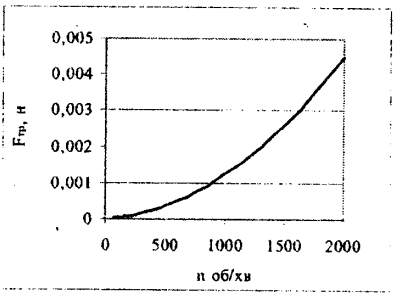

Рис. 2. Залежність сили тертя турбіни від частоти обертання

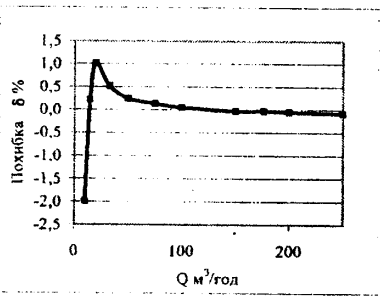

Рис. 3. Залежність систематичної похибки витратоміра від об'ємної витрати

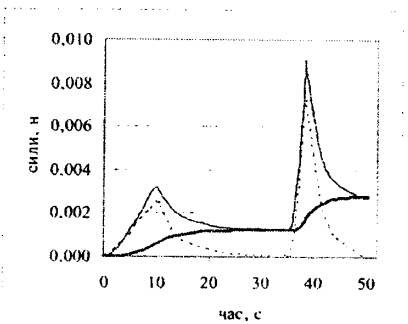

Рис. 4 Залежності діючих на крильчатку сил від часу (тонка лінія – газодинамічна сила тиску $F_к$ потоку на лопатку, що обертається; - - - сила інерції $F_{ін}$; товста лінія – сила тертя $F_{тр}$)

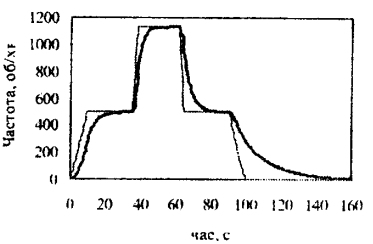

Рис. 5. Зміна частоти обертання крильчатки для симетричної залежності зміни витрати з урахуванням сил інерції (товста лінія) і без урахування сил інерції (тонка лінія)

На підставі описаної вище методики за допомогою комп'ютерної моделі була знайдена залежність частоти обертання крильчатки від часу для перехідних режимів по витраті газу (рис. 5). Результати розрахунків показують, що похибка визначення витрати в перехідних режимах без урахування сил інерції може складати до 100%.

Були проведені також числові дослідження динамічних характеристик турбінного витратоміра, а саме впливи розгону і вибігу турбіни при зміні витрати газу в часі. Розглядалися випадки як симетричної, так і несиметричної в часі залежності розгону і вибігу.

Результати моделювання (рис. 5) показують, що навіть для симетричної в часі залежності зміни витрати похибка визначення кількості газу, що пройшов через лічильник, на цих етапах не самокомпенсується.

Встановлено, що час розгону крильчатки витратоміра (зростання витрати) і вибігу (подальшого зменшення витрати до первинного значення) можуть значно відрізнятися і ця відмінність може досягати 25% і більше, а динаміка розгону і вибігу крильчатки витратоміра залежить від виду функціональної залежності зміни витрати в часі, похибка вимірювання витрати при цьому може бути значною.

Для конкретних типорозмірів витратомірів на основі CFD моделювання можуть бути одержані функціональні залежності, які можуть бути застосовані при створенні автоматичних електронних коректорів похибок вимірювань витрати, пов'язаних з коливанням витрати в газотранспортних мережах.

Показано, що покази ультразвукових лічильників газу не залежать від складу газу так як в кінцевій формулі визначення швидкості газу відсутня швидкість звуку в газі.

З метою визначення густини природного газу запропоновано контрольований газ пропускати через два вимірювальні пристрої об'єму/об'ємної витрати, один з яких сопло Вентурі, а другий – роторний лічильник газу з перетворювачем швидкості обертання ротора в електричні імпульсні сигнали. Значення густини газу, приведеної до стандартних умов, рекомендується розраховувати таким чином:

$$\rho_{\kappa} = \frac{A_{zp}^2 \cdot P_1 \cdot K_{np1} \cdot 12{,}96 \cdot 10^6}{Q^2 \cdot K_{np2}}, \qquad (1)$$

де A_{zp} – градуювальний коефіцієнт сопла Вентурі (коефіцієнт A_{zp} можна визначити по ИСО 9300 "Вимірювання витрати газу з використанням сопел Вентурі критичного витікання"); P_1 – тиск газу перед соплом Вентурі; Q – витрата газу, виміряна ротаційним лічильником газу.

Коефіцієнти приведення до стандартних умов по соплу Вентурі K_{np1} і по лічильнику K_{np2} розраховують так:

$$K_{np1} = \frac{P_1 \cdot T_{cm}}{T_1 \cdot P_{cm} \cdot K_1}, \qquad (2)$$

$$K_{np} = \frac{P_2 \cdot T_{cm}}{T_2 \cdot P_{cm} \cdot K_2}, \qquad (3)$$

де T_1 – температура перепад соплом Вентурі; P_2, T_2 – тиск і температура ротаційним лічильником; T_{cm}=293,15°К і P_{cm} =101325Па; K_1 – коефіцієнт стисливості газу.

Розроблено потоковий густиномір (рис. 6), який складається з трубопровідної системи подачі газу з двох випробувальних ділянок – вхідний трубопровід високого/середнього тиску 1 та трубопровід середнього/низького тиску 2. Перша із них обладнана регулюючою апаратурою в складі клапана–відсікача 3, фільтра і регулятора тиску 5, встановлених послідовно перед соплом Вентурі 6, що встановлене на стику трубопроводів високого/середнього і середнього/низького тиску 2 разом з засобами вимірювання параметрів тиску 10 і температури 11 на ділянці 15 трубопроводу 1 перед соплом Вентурі 6. Друга ділянка 2 обладнана роторним лічильником газу 7 з перетворювачем обертів ротора в імпульсні сигнали 8, коректором об'єму/об'ємної витрати газу 9 і засобами вимірювання параметрів тиску 12 і температури 13 на ділянці 16 трубопроводу 2 перед лічильником 7 та випускним краном 14, встановленим після лічильника 7. При цьому всі засоби вимірювання і регулювальна апаратура пов'язані з електронною інформаційно–вимірювально–керуючою системою 17 і разом з нею скомпоновані в переносній шафі/валізі 18. 19, 20 – приєднувальні фланці.

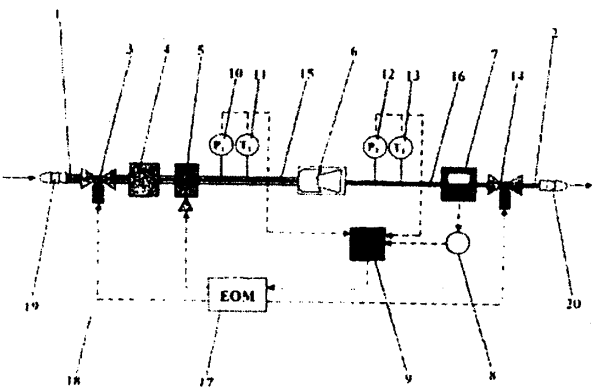

Рис. 6. Пристрій для вимірювання густини природного газу

Здійснений аналіз додаткової похибки вимірювання об'єму природного газу у вузлах обліку газу, зумовленої впливом теплообмінних процесів в них. Показано, що на додаткову похибку вимірювання об'єму газу у вузлах обліку природного газу найбільше впливають теплообмінні процеси між гільзою термоперетворювача та стінкою трубопроводу, інерційність цього термоперетворювача, теплообмін між вимірювальним перетворювачем і навколишнім середовищем, зниження температури газу при редукуванні тиску газу на перетворювачі витрати та об'єму газу. Абсолютне значення змін температури на різних ділянках у вузлів обліку природного газу може становити 4…6°С, а відповідна додаткова похибка вимірювання ними об'єму газу при цьому може становити 1,0…2,0%.

Розроблені рекомендації щодо усунення різних складових похибок від впливу температури природного газу на різних ділянках його проходження у вузлах обліку на додаткову похибку вимірювання об'єму природного газу.

У третьому розділі приведені розроблені методики експериментальних досліджень впливу тиску, температури природного газу на метрологічні характеристики промислових лічильників газу, результати цих досліджень, а також результати експериментальних досліджень додаткових похибок промислових лічильників газу від впливу фізико–хімічних параметрів природного газу. Експериментальні дослідження проводилися на сертифікованій випробувальній установці ПАТ «Івано–Франківськгаз». При цьому зроблені певні зміни функціональної схеми діючої установки. На рис. 7 приведена функціональна схема частково модернізованої установки для експериментальних досліджень впливу тиску і температури природного газу на метрологічні характеристики промислових лічильників газу.

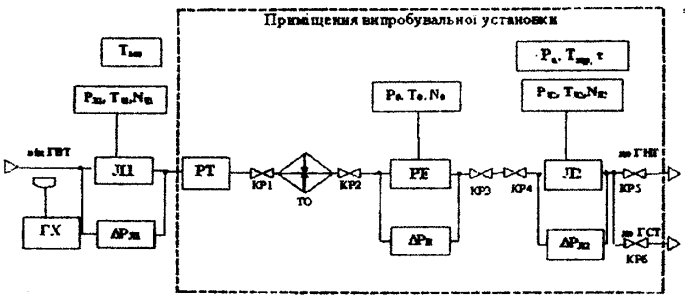

Рис. 7. Функціональна схема експериментальних досліджень впливу тиску і температури природного газу на метрологічні характеристики лічильників *РТ* – регулятор тиску; *РЕ* – робочий еталон; *Л1, Л2* – досліджувані лічильники газу, *ТО* – теплообмінник; *КР1–КР5* – крани регулюючі; *ГВТ, ГНТ, ГСТ* – газопроводи високого, низького і середнього тиску, відповідно; *ГХ* – газовий хроматограф, P_0, $P_{Л1}$ $P_{Л2}$ – вимірювачі тиску на робочому еталоні і лічильниках газу відповідно; T_0, $T_{Л1}$, $T_{Л2}$ – вимірювачі температури на робочому еталоні і лічильниках газу *Л1, Л2*; N_0, $N_{Л1}$, $N_{Л2}$ – вимірювачі кількості імпульсів на робочому еталоні і лічильниках газу *Л1, Л2* відповідно; ΔP_E, $\Delta P_{Л}i$, $\Delta P_{Л}2$ – вимірювачі перепаду тиску на робочому еталоні і лічильниках газу *Л1, Л2,*; $T_{зовн}$, $T_{пр}$ – вимірювачі температури зовнішнього повітря і температури в приміщенні випробувальної установки; P_a – вимірювач атмосферного тиску; τ – хронометр

На основі результатів виконаних експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

1) зростання тиску газу приводить до збільшення в додатню сторону похибки роторних і турбінних лічильників газу на витратах, що перевищують (0,4–0,5) q_{max}, яка знаходиться в межах (0,2–0,5)%, а для турбінних лічильників типу TZ/Fluxi і ЛГ80 це зростання похибки є більш суттєвим і сягає 1%;

2) на витратах (0,1–0,3) q_{max} для турбінних лічильників зростання тиску зумовлює зменшення від'ємних значень похибки, внаслідок чого форма кривої похибок набуває більш плавного виду, тобто з менш вираженим "завалом" в сторону від'ємних похибок при мінімальних витратах. Поряд з цим для роторних лічильників ця закономірність не є настільки очевидною, наприклад, для лічильників типу Delta похибка на витратах 0,2 q_{max} при високих тисках є близькою до нуля порівняно з –0,5 % при низькому тиску, а потім спадає до –1,5% при високому тиску порівняно з –1,2 % при низькому тиску. Подібні явища спостерігаються і в лічильниках типу ТЕМП. В лічильниках типу GMS на мінімальних витратах крива похибок при середньому тиску знаходиться приблизно на 0,5% вище, ніж при стандартному тиску, тобто є менший "завал" у від'ємні значення похибки;

3) на витратах (0,4–0,5) q_{max} для роторних і турбінних лічильників вплив тиску практично відсутній, так як криві похибок для різних тисків є близькі між собою або перетинаються;

4) для ультразвукових лічильників газу типу Курс–01 вказані закономірності підняття кривої похибок на (0,1–0,5)% за витрат більших 0,5 q_{max} спостерігаються при температурах газу, близьких до 20°С, а за менших витрат має місце зростання значень від'ємної похибки (різниця похибок може становити 1%). Поряд з цим при низьких температурах вплив тиску характеризується протилежними закономірностями впливу, тобто похибка є меншою на (0,7–1,0)% для витрат (0,2–1,0) q_{max} і приблизно на стільки ж (тобто на 1%) перевищує похибку на витратах 0,1 q_{max}. В цілому вплив тиску на роботу ультразвукових лічильників газу не носить систематичного характеру;

5) результати дослідження впливу виду робочого середовища (природного газу) підтверджують, що практично у всіх типів турбінних і роторних лічильників для всього діапазону вимірювань незалежно від значень робочих тисків крива похибок при дослідженні на природному газі є зміщеною вниз на (0,2–0,5)% порівняно з кривою, отриманою на повітрі;

6) пониження температури природного газу приводить до спадання похибки для роторних лічильників газу типу Темп і турбінних типу ЛГ80 і TZ/Fluxi. При цьому кількісна оцінка для роторних лічильників на витратах (0,5–1,0) q_{max} змінюється від (0,1–0,3)% до (0,5–0,8)%, а для турбінних за цих витрат вплив температури є менш виражений (0,2–0,5)%;

7) пониження температури зумовлює суттєве (на 0,8–2%) зменшення від'ємної похибки за малих робочих витрат роторних лічильників і турбінних лічильників газу. Це приводить до зменшення робочого діапазону лічильників газу, так як на витратах 0,1 q_{max} похибка може становити (2,5–3,5)%;

8) для турбінних лічильників газу більш суттєвий вплив низьких температур спостерігається на низьких тисках – 4,5% порівняно з –1,8% для середніх тисків, або відповідно –9,5% порівняно з –2,5%;

9) для роторних лічильників газу вплив низьких температур є менш вираженим і їх похибка на мінімальних витратах практично відповідає регламентованим значенням (не перевищує –2%);

10) при дослідженні впливу робочого середовища встановлено, що при витратах більше 0,5 q_{max} за середніх тисків крива похибки лічильників при низьких температурах розміщена вище на 0,2% або на (0,5–0,6)% порівняно з значеннями

похибки, отриманої з використанням повітря як робочого середовища. При цьому похибка кількісно набуває додатних значень, наприклад, +0,9%;

11) вплив виду робочого середовища при витратах більше 0,5 q_{max} за низьких тисків є суттєво меншим (різниця похибок не перевищує 0,3% або майже відсутня) порівняно із зміною похибки за середніх тисків;

12) для ультразвукових лічильників газу типу Курс–01 вплив температури не носить систематизованого характеру. Так за середніх тисків для діапазону (0,4–0,9) q_{max} при температурах (5–6)°С похибка становить відповідно (–0,9 – 0,3)%, в той час як для низьких тисків її значення змінюється в межах (0,2 – 1,3)%. При витратах менше 0,4 q_{max} за високих і низьких тисків при низьких температурах спостерігається зворотний ефект (зростає додатня похибка до +0,9% і вище, яка є більшою від похибки за стандартних температур). Крім того за середніх тисків при витратах більше 0,9 q_{max} похибка є додатньою і на (0,2–0,3)% перевищує похибку при низьких тисках.

Наведені числові значення додаткових похибок у відповідних таблицях дисертаційної роботи подано як приклад для обґрунтування методологічного аспекту можливості введення поправок до показів лічильників. Вони повинні конкретизуватися за результатами статистичної обробки експериментальних досліджень метрологічних характеристик для різних типів і типорозмірів лічильників, а можливо, навіть, і з конкретизацією виробників засобів обліку природного газу. Приведені результати експериментальних досліджень впливу виду вимірювального середовища (повітря чи газу) на метрологічні характеристики промислових лічильників газу, які вказують на певні розходження між ними і необхідність проводити калібрування лічильників і їх повірку на стендах з робочим середовищем – природний газ.

Запропонований новий вид метрологічної характеристики «середньозважена» додаткова похибка, яка дає можливість враховувати вплив зміни тиску, температури і виду вимірюваного середовища на похибку його обліку лічильниками газу в усьому діапазоні робочих витрат.

Розрахунок цих похибок рекомендується здійснювати таким чином:

$$\overline{\Delta\delta_P} = \frac{\sum[(q_i \; q_{max}) \cdot \Delta\delta_{P_i}]}{\sum(q_i \; q_{max})}, \tag{4}$$

$$\overline{\Delta\delta_T} = \frac{\sum[(q_i \; q_{max}) \cdot \Delta\delta_{T_i}]}{\sum(q_i \; q_{max})}, \tag{5}$$

$$\overline{\Delta\delta_f} = \frac{\sum[(q_i \; q_{max}) \cdot \Delta\delta_{f_i}]}{\sum(q_i \; q_{max})}, \tag{6}$$

$$\Delta\delta_{f_i} = \delta_{f_i} - \delta_{f_0}, \tag{7}$$

де $\overline{\Delta\delta_P}$, $\overline{\Delta\delta_T}$, $\overline{\Delta\delta_f}$ – середньозважена додаткова похибка від впливу тиску, температури і виду вимірювального середовища, відповідно, %; q_i – значення i-тих випробовуваних витрат за робочих умов для лічильників газу, %; q_{max} – максимальне значення випробовуваної витрати для досліджуваного лічильника,

%; $\Delta\delta_{Гі}$ – додаткова похибка лічильника газу за *і*–ої випробовуваної витрати при дослідженні впливу виду газового середовища, %; $\delta_{Гі}, \delta_{пі}$ – відносна похибка лічильника за *і*–ої випробовуваної витрати при роботі на природному газі і повітрі, відповідно, %.

Результати обчислень «середньозважених» додаткових похибок для досліджуваних лічильників наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Результати обчислень середньозваженої додаткової похибки

Вид досліджуваного фактора впливу	Позначення середньозваженої додаткової похибки	Тип лічильника			
		Турбінний		Роторний	
		TZ/ Fluxi	ЛГ80	GMS	ТЕМП
Вплив тиску за близьких до стандартних умов (19-20^{0}С) температури природного газу	$\overline{\Delta\delta}_P^{\epsilon}$	0,267	0,231	-0,010	0,188
Вплив тиску за низьких температур природного газу (5-6^{0}С)	$\overline{\Delta\delta}_P^{н}$	0,265	0,498	0,048	0,092
Вплив температури природного газу за стандартних умов для тиску (100 кПа)	$\overline{\Delta\delta}_T^{\epsilon}$	-0,080	-0,576	0,147	0,074
Вплив температури природного газу за середнього тиску (360кПа)	$\overline{\Delta\delta}_T^{в}$	-0,084	-0,079	0,256	-0,105
Вплив виду робочого середовища за стандартних умов (20^{0}С, 100кПа)	$\overline{\Delta\delta}_I^{\epsilon}$	0,792	0,426	0,359	0,625

Від'ємне значення «середньозваженої» додаткової похибки свідчить про заниження фактичної метрологічної характеристики засобу вимірювання, тобто ним здійснюється недооблік природного газу, а, відповідно, додатнє значення інформує про завищення лічильником результатів вимірювання.

Запропонована нова метрологічна характеристика дає можливість в інтегрованому вигляді з урахуванням різних умов функціонування лічильників газу комплексно оцінювати вплив реального вимірюваного середовища на точність його обліку з використанням такого алгоритму:

$$V_{CK} = V_P K_K \left(1 - (\overline{\Delta\delta}_P + \overline{\Delta\delta}_T + \overline{\Delta\delta}_I)\right), \qquad (8)$$

де V_P, V_{CK} – об'єм газу, виміряний лічильником газу за робочих умов та об'єм газу, зведений до стандартних умов, відповідно; K_K – коефіцієнт коригування об'єму природного газу, який закладений в алгоритмі функціонування коректора лічильника газу.

У четвертому розділі основна увага приділена удосконаленню методології вимірювання і технічних засобів у вузлах обліку природного газу.

При цьому описана методика застосування контрольних лічильників газу для підвищені точності вузлів обліку природного газу, а також необхідні технічні характеристики цих контрольних лічильників. Одержані результати дозволять

підвищити достовірність і надійність отриманих результатів вимірювання на вузлах обліку природного газу.

Запропонована реалізація способу відтворення та передавання одиниці вимірювання об'єму та витрати природного газу на Боярському метрологічному комплексі, приведена структурна схема цього комплексу, описані конкретні характеристики використовуваних засобів вимірювання різних рівнів.

Розроблені способи та засоби для підвищення надійності та достовірності калібрування та повірки засобів вимірювання витрати газу, для зменшення собівартості процесу повірки засобів вимірювання витрати газу чи його обліку, для забезпечення високої оперативності.

Описані розроблені автором у співавторстві два нормативних документи (МВУ 034/03–2008 і МП 412/03–2010), які встановлюють типову методику виконання вимірювань з використанням лічильника газу та коректора об'єму і метод перевірки технічного стану вузлів обліку газу з використанням установки «ЕК–Б», відповідно.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

Отримані у дисертаційній роботі результати дозволять удосконалити конструкції і метрологічні характеристики промислових турбінних, ультразвукових і роторних лічильників газу, облік ними природного газу, а також покращити нормативну базу щодо вузлів обліку природного газу, перевірки стану їх окремих вузлів.

Основні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. З використанням CFD технології проведено моделювання роботи турбінних лічильників газу з метою оцінки впливу їх конструктивних параметрів на їх метрологічні характеристики. Отримані функціональні залежності, які дозволяють оцінювати вплив режимів потоку газу на результати вимірювань турбінних лічильників газу.

2. Показано, що покази ультразвукових лічильників газу не залежать від його складу газу так як в кінцевій формулі визначення швидкості газу відсутня швидкість звуку в газі.

3.Теоретично обґрунтована можливість визначення густини природного газу за допомогою лічильників газу об'ємного принципу вимірювання і сопла Вентурі та розроблено потоковий прилад для вимірювання густини природного газу для оперативного визначення змін складу газу

4. Здійснений аналіз впливу теплообмінних процесів у вузлах обліку газу на похибку вимірювання. Для усунення цієї додаткової похибки вимірювання об'єму природного газу розроблені відповідні рекомендації.

5. Розроблені методики експериментального дослідження впливу тиску і температури природного газу на метрологічні характеристики промислових лічильників газу, а також впливу виду вимірюваного газового середовища на ці характеристики. Приведені результати таких експериментальних досліджень для 5–ти типів лічильників газу. Ці результати можна використовувати при оптимізації вибору лічильників різних типів для різних умов експлуатації та вибору методів повірки (на робочому середовищі - повітря чи природний газ). Запропонований новий вид метрологічної характеристики «середньозважена»

додаткова похибка, яка дає можливість комплексно враховувати вплив зміни тиску, температури і виду вимірюваного газового середовища на точність його обліку лічильниками газу..

6. Обґрунтовано застосування контрольних вимірювальних комплексів для перевірки технічного стану вузлів обліку природного газу, а також визначені необхідні їх технічні характеристики. Це дозволить підвищити достовірність і надійність отриманих результатів вимірювання на вузлах обліку природного газу.

7. Запропонована методологія відтворення та передавання одиниці вимірювання об'єму та витрати природного газу на Боярському метрологічному комплексі, приведена структурна схема цього комплексу, описані конкретні характеристики використовуваних в цьому комплексі засобів вимірювання різних рівнів.

8. Описані розроблені у співавторстві два нормативних документи (МВУ 034/03–2008 і МП 412/03–2010), які встановлюють типову методику виконання вимірювань з використанням лічильника газу та коректора об'єму і метод перевірки технічного стану вузлів обліку газу з використанням установки «ЕК–Б».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Власюк Я. М. Теоретичні основи дослідження функціонування турбінних лічильників газу [Текст] / Власюк Я. М., Яцевський В. А., Кісіль І. С., Середюк О. Є. // н/т журнал «Методи і прилади контролю якості». – ІФНТУНГ – 2010. – № 25. – С. 67–73.

2. Власюк Я. М. Застосування нової метрологічної характеристики «Середньозважена додаткова похибка» для підвищення точності обліку природного газу [Текст] / Власюк Я. М., Середюк О. Є., Винничук А. Г. // Український метрологічний журнал. 2010 №3. – С. 58–63.

3. Власюк Я. М. Аналіз застосування контрольних лічильників газу для підвищення точності обліку природного газу [Текст] / Власюк Я. М., Середюк О. Є., Малісевич В. В. // ІФНТУНГ та ін. н/т журнал «Методи і прилади контролю якості». 2009 №23. – С. 66–72.

4. Власюк Я. М. ГВС Гребенники – газовимірювальна станція 2005 року [Текст] / Розгонюк В. В., Власюк Я. М. // Нафтова і газова промисловість. – 2003. №3. – С. 50–52.

5. Власюк Я. М. Методика експериментальних досліджень впливу параметрів природного газу на метрологічні характеристики лічильників природного газу. [Текст] / Бестелесний А. Г., Власюк Я. М., Кісіль І. С.// н/т журнал «Методи та прилади контролю якості». – ІФНТУНГ – 2007. № 18. – С. 46–50.

6. Власюк Я. М. Реалізація концепції створення єдиної системи обліку природного газу в Україні [Текст] / Власюк Я. М., Кісіль І. С., Середюк О. Є. // н/т журнал «Методи та прилади контролю якості». – 2005. № 13. – С. 61–65.

7. Власюк Я. М. Концепція єдиної системи обліку природного газу України (оптимізація впровадження промислових лічильників різних методів вимірювання) [Текст] / Власюк Я. М., Чуприн М. І., Власюк Л Я. // н/т журнал «Методи та прилади контролю якості». Івано–Франківськ. – 2007. № 18. – С. 73–75.

8. Власюк Я. М. Особливості складу та технічні характеристики комплексу технічних засобів метрологічного центру природного газу НАК "Нафтогаз України". [Текст] / Власюк Я. М., Кісіль І. С. // н/т журнал «Методи та прилади контролю якості». Івано– Франківськ. – 2004. № 12. – С. 65–69.

9. Власюк Я. М. Лічильники природного газу на сучасних газовимірювальних станціях. [Текст] / Власюк Я. М. // н/т журнал «Методи та прилади контролю якості». Івано–Франківськ. – 2003. №11. – С. 62–64.

10. Деклараційний патент на корисну модель №5848 Україна. Спосіб метрологічної атестації, перевірки та калібрування засобів вимірювання витрати газу : [Текст] / Власюк Я. М., Панасюк В. Л., Немчин О. Ф., Коломеєв В. М., Швед Н. Ю.; Заявл. 13.09.2004. Опубл. 15.03.2005. – Бюл. №3.

11. Деклараційний патент на корисну модель №5849 Україна. Спосіб перевірки засобів витрати газу : [Текст] / Мокеєв Ю. Г., Власюк Я. М., Панасик В. Л., Руднік А. А.; Заявл. 13.09.2004. Опубл. 15.03.2005. – Бюл. №3.

12. Деклараційний патент на корисну модель №5850 Україна. Спосіб комплексного відтворення, визначення та передачі еталонних значень витрати газу: [Текст] / Власюк Я. М., Розгонюк В. В., Панасюк В. Л., Будзуляк Б. В.; Заявл. 13.09.2004. Опубл. 15.03.2005. – Бюл. №3.

13. Деклараційний патент на корисну модель №5891 Україна. Комплекс обладнання для метрологічної атестації, перевірки і калібрування засобів вимірювання витрати газу : [Текст] / Власюк Я. М., Бойко Ю. А., Рибчин І. Й., Лизун С. О., Панасюк В. Л., Немчин О. Ф.; Заявл. 07.10.2004. Опубл. 15.03.2005. – Бюл. №3.

14. Деклараційний патент на винахід № 47040А Україна. Вставний фільтр для очистки газу : [Текст] / Власюк Я. М., Грицак Н. П., Лагно І. В., Лешак Р. М., Прудников Б. І.; Заявл. 26.06.2001. Опубл. 17.06.2002. – Бюл. № 6.

15. Патент на корисну модель №40259. «Мобільний комплекс експрес–контролю і технічної перевірки стаціонарного вузла обліку газу» : [Текст] / Власюк Я. М., Купчак В. Р., Боднар Г. Ф., Прудников Б. І., Бестелесний А. Г., Цьомик В. П., Коляджин І. М.; Заявл. – 28.11.2008. Опубл.– 25.03.2009. – Бюл. №6.

16. Патент на корисну модель №39467. «Пристрій для вимірювання густини природного газу» : [Текст] / Купчак В. Р., Власюк Я.М., Цьомик В. П., Прудников Б. І., Бестелесний А. Г., Коляджин І. М., Середюк О. Є.; Заявл. – 13.10.2008. Опубл.– 25.02.2009. – Бюл.№4.

17. Патент на корисну модель №56150. «Спосіб вимірювання густини газу» : [Текст] / Прудников Б. І., Цьомин В. П., Власюк Я. М., Бестелесний А.Г., Коляджин І. М., Слєпцова Н. Є.; Заявл. – 02.04.2010. Опубл.– 10.01.2011. – Бюл.№1.

18. Рішення про видачу патента на винахід №03055. «Спосіб експрес–оцінки метрологічних характеристик вузла обліку газу у складі лічильника газу та температурного коректора на місці експлуатації» : [Текст] / Власюк Я. М., Бондаренко В. С., Готовкін В. Ю., Карташев В. І., Мінін С. В., Насрединов С. В., Осієвський В. О., Пістун Є. П., Попов В. В., Ярошевич В. М.; Заявл. – 16.03.2012. Опубл. – 05.06.2012.

19. Науково–технічний твір № 10495 "Герметизация корпуса – основа безопасной эксплуатации газового счетчика" : [Текст] / Власюк Я. М., Мокеєв Ю.

Г., Рибчич І. Й., Панасюк В. Л., Чернишов В. Г., Власова С. В., Тарашевський В. С.; Дата реєстр. 09.07.2004.

20. Науково–технічний твір № 9034 "Способ центрирования рабочих поверхностей измерителя газового счетчика" : [Текст] / Власюк Я. М., Мокеєв Ю. Г., Лисенко А. Г., Кудрявський М. П., Панасюк В. Л., Рогатін В. П., Тарашевський В. С., Тюптя Б. М.; Дата реєстр. 23.12.2003.

21. Власюк Я. М. Густиномір газовий ОЕ R02: [Текст] / Власюк Я. М., Прудников Б. І., Цьомик В. П. н/т конференція «Приладобудування – 2010», м. Київ, 2010. – С. 259.

22. Власюк Я. М. Концепція єдиної системи обліку природного газу в Україні : [Текст] / Власюк Я. М. М.н.к. «Ресурсозберігаючі технології в нафтогазовій енергетиці», м. Івано–Франківськ, 2007. – С. 142.

23. Власюк Я. М. Особенности состава и технических характеристик комплекса технических средств метрологического центра природного газа в г. Боярка : [Текст] / Власюк Я. М., Кисиль И. С. XV–тый научный симпозиум с международным участием «Метрология и метрологическое обеспечение 2005». Созополь Болгария. Сентябрь 2005г. – С. 345–350.

24. Власюк Я. М. Впровадження сучасних засобів вимірювання витрати та кількості природного газу та їх метрологічне забезпечення : [Текст] / Власюк Я. М. Третя Всеукраїнська науково–технічна конференція "Вимірювання витрати та кількості газу та нафтопродуктів" Івано–Франківськ. 26– 28 березня 2003р. Матеріали конференції. – С. 26–28.

25. Власюк Я. М. Дослідження додаткових похибок вимірювання температури та об'єму природного газу в системах його обліку : [Текст] / Пістун Є. П., Матіко Ф. Д., Федоришин Р. М., Власюк Я. М., Ярошевич В. М. VII М. н/т. конференція «Метрологія та вимірювальна техніка»м. Харків, 12–14.10 2010р. – С. 192–195.

26. Власюк Я. М. Методика визначення додаткових похибок лічильників газу від впливу тиску і температури робочого середовища : [Текст] / Середюк о. Є., Кісіль І. С., Власюк Я. М. V Всеукраїнська н/т конференція «Вимірювання витрати та кількості газу», м. Івано–Франківськ, 23–25. 10.2007р. – С. 8–9.

27. Власюк Я. М. Застосування метрологічної характеристики «Середньозважена додаткова похибка» для підвищення точності обліку природного газу: [Текст] / Винничук А. Г., Середюк О. Є., Власюк Я. М. VI Всеукраїнська н/т конференція «Вимірювання витрати та кількості газу», м. Івано–Франківськ, 20–21. 10.2009р. – С. 74–75.

28. Власюк Я. М. Впровадження сучасних засобів вимірювання витрати та кількості природного газу та їх метрологічне забезпечення: [Текст] / Власюк Я. М. III Всеукраїнська н/т конференція «Вимірювання витрати та кількості газу і нафтопродуктів», м. Івано–Франківськ, 26–28. 03.2003р. – С. 26–28.

29. Власюк Я. М. Двохвилевий аналізатор вологості природного газу : [Текст] / Зілинський Й.Й., Онушко В.В., Власюк Я. М., XI М. н/т конференція «Приладобудування: стан і перспективи», м. Київ, 24–25.04.2012р. – С.255–256.

30. Власюк Я. М. МВУ 034/03–2008. Типова методика виконання вимірювань з використанням лічильника газу та коректора об'єму газу : [Текст] / Петришин І. С., Готовкін В. Ю., Карташев В. І., Бондаренко В. С., Власюк Я. М., Джочко П. Я., Безгачнюк Я. В. – 82 с.

31. Власюк Я. М. МП 412/03–2010. Метод перевірки технічного стану вузлів обліку газу з використанням установки "ЕК–Б" : [Текст] / Карташев В. І., Бабіченко М. В., Бондаренко В. С., Власюк Я. М., Готовкін В. Ю., Насредінов С. В., Осієвський В. О., Попов В. В., Ярошевич В. М. – 21 с.

32 Власюк Я. М. Програма створення єдиної системи обліку природного газу", затверджена наказом Мінпаливенерго від 24.07.2002р., №444 [Текст] / Панасюк В.Л., Бондаренко В.С., Власюк Я.М., Медведєв М.Я., Чуприн М.І. – 60 с.

АНОТАЦІЯ

Власюк Я. М. Удосконалення засобів і нормативної документації для метрологічного забезпечення вузлів обліку природного газу. – На правах рукопису. – Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.

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, м. Івано–Франківськ, 2012.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної задачі підвищення точності і надійності роботи турбінних, ультразвукових і роторних лічильників газу, а також промислових вузлів обліку газу, на яких передбачено використання цих лічильників газу. З використанням CFD технології теоретично досліджені динамічні метрологічні характеристики турбінних лічильників газу. Показано, що ці лічильники в перехідних режимах (різкі зміни витрати вимірюваного газу) мають значні додаткові похибки.

Обґрунтована можливість визначення густини газу за допомогою послідовно з'єднаних між собою сопла Вентурі і об'ємного за принципом вимірювання лічильника газу. Це дало можливість розроблення потокових (безперервної дії) засобів вимірювання густини природного газу.

Розроблено спосіб комплексного відтворення, визначення та передачі еталонних значень витрати природного газу з використанням вихідних еталонів з різнотипними некорельованими між собою методами функціонування, що дозволяє підвищити достовірність відтворення та зменшити похибку вимірювання.

Експериментально оцінено вплив тиску, температури і виду вимірюваного газового середовища на метрологічні характеристики турбінних, роторних і ультразвукових лічильників газу. Отримані результати такої оцінки можуть бути використаними в діючих системах обліку природного газу. Запропонований новий вид метрологічної характеристики «середньозважена» додаткова похибка, яка дає можливість враховувати вплив зміни тиску, температури і виду вимірюваного газового середовища на точність його обліку лічильниками газу в усьому діапазоні робочих витрат.

Відпрацьовано методи перевірки технічного стану вузлів обліку природного газу в умовах експлуатації, які дозволяють підвищити надійність та достовірність їх експлуатації.

Значна увага приділена також розробленню нормативних документів для організації належного функціонування промислових лічильників газу і перевірки технічного стану вузлів його обліку.

Ключеві слова: промисловий лічильник газу, вузол обліку, ротор, ультразвук, турбіна, вимірювання, нормативна документація, природний газ, повітря, повірка, метрологічне забезпечення, похибка вимірювання, середньозважена додаткова похибка.

АННОТАЦИЯ

Власюк Я. М. Усовершенствование средств и нормативной документации для метрологического обеспечения узлов учета природного газа. – На правах рукописи. – Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины.

Диссертация на получение научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.01.02 – стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение. – Ивано–Франковский национальный технический университет нефти и газа, г. Ивано–Франковск, 2012.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи повышения точности и надежности работы турбинных, ультразвуковых и роторных счетчиков газа, а также промышленных узлов учета газа, на которых предусмотрено использование этих счетчиков. С использованием CFD технологии теоретически исследованы динамические метрологические характеристики турбинных счетчиков газа. Показано, что эти счетчики в переходных режимах (резкие изменения расхода измеряемого газа) имеют значительные метрологические погрешности, которые необходимо учитывать при учете газа этими счетчиками.

С помощью CFD–технологии имеется возможность определять силу трения крильчатки турбінного счетчика газа и действующих на крильчатку сил в переходных режимах, рассчитывать частоту вращения крильчатки в зависимости от расхода газа в стационарном режиме. При этом погрешность измерения расхода газа в переходных режимах может достигать 100%.

Приведены результаты теоретического исследования влияния движения газа на измеряемую скорость газа ультразвуковыми счетчиками. Показано, что его состав не влияет на измеряемую скорость газа ультразвуковыми счетчиками, то есть на результаты измерения ими расхода и количества газа.

Обоснована возможность определения плотности газа с помощью последовательно соединенных между собой сопла Вентури и роторного счетчика, приведена зависимость для расчета плотности газа при такой схеме ее определения.

Экспериментально с помощью сертифицированной испытательной установки ПАТ «Вано–Франковскгаз» оценено влияние давления, температуры и вида измеряемой газовой среды на метрологические характеристики турбинных, роторных и ультразвуковых счетчиков газа. Приведены результаты такой оценки для разных диапазонов давленя и температуры измеряемого газа, а также вида измеряемой газовой среды (природный газ или воздух) указанными счетчиками газа, которые существенно отличаются и которые могут быть использованными в действующих системах учета природного газа.

Предложен новый вид метрологической характеристики «средневзвешенная» дополнительная погрешность, которая дает возможность учитывать влияние изменения давления, температуры и вида измеряемой газовой среды на точность ее учета счетчиками газа во всем диапазоне рабочих расходов.

Приведены зависимости для определения этих «средневзвешенных» дополнительных погрешностей по давлению, температуре и виду измеряемой газовой среды.

Значительное внимание уделено также разработке двух нормативных документов для организации надлежащего функционирования промышленных счетчиков газа (МВУ 034/03–2008) и проверки технического состояния узлов его учета (МП 412/03–2010).

Ключевые слова: промышленный счетчик газа, узел учета, ротор, ультразвук, турбина, измерение, нормативная документация, природный газ, воздух, поверка, метрологическое обеспечение, погрешность измерения, средневзвешенная дополнительная погрешность.

ANNOTATION

Vlasyuk Ya. M. Improvement of means and normative documents for the metrology providing of knots of account of natural gas. – On rights for a manuscript. Department of education and science, youth and sport of Ukraine.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineerings sciences after speciality 05.01.02 – standardization, certification and metrology providing. Ivano–Frankivsk national technical university of oil and gas. Ivano–Frankivsk, 2012.

Dissertation is devoted the decision of aktual task of increase of exactness and reliability of work of turbine, ultrasonic and rotor meters of gas and also industrial knots of gas account, which the use of these meters of gas. With the use of CFD technologies are theoretically researched dynamic metrology characteristics of turbine meters of gas. It is rotined that these meters in transitional behaviors (measurement of the sharp changes of flow gas) have considerable dynamic errors which must be taken into account at the account of gas by these meters. Results of theoretical research of influence of motion of gas on measureable speed of ultrasonic vibrations at measuring of flow gas by ultrasonic meters. It is rotined that density do not influence on measureable speed of gas by such meters, on the results of measuring by such meters of gas amounts. Possibility of determination of gas density is grounded by successively united Venturi and rotor meter.

Influence of pressure, temperature and type of measureable gas on metrology descriptions of turbine, rotor and ultrasonic meters is experimentally appraised. The results of such estimation can be utillized in the operating systems of account of natural gas. The new type of metrology description is offered «midlle weigh» additional error, which enables to take into account the changes of pressure, temperature and type of measureable gas on exactness of his account gas meters in all of range of workings charges. Considerable attention is spared also development of two normative documents for organization of the proper functioning of industrial meters of gas and verification of the technical state of knots of his account.

Keywords: industrial meter of gas, knot of account, rotor, ultrasound, turbine, measuring, normative document, natural gas, air, check, metrology providing, measuring error, midlle weigh additional error.