

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 20.052.023 Івано-Франківського
національного технічного
університету нафти і газу
д.т.н., проф. Райтеру П.М.

ВІДГУК
ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА
Мотала Андрія Васильовича

на дисертаційну роботу Присяжнюк Людмили Олександрівни
на тему «Вдосконалення методів та засобів вимірювання енергетичних
характеристик природного газу»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Важливість визначення енергетичних характеристик природного газу для економіки України зумовлена особливими характеристиками природного газу як енергоносія (екологічна чистота, мінімальне виділення вуглекислого газу на одиницю маси порівняно з іншими видами органічного палива, зручність транспортування та використання) та постійним зростанням цін на нього. В Україні проводиться послідовна політика переходу з вимірювання об'єму природного газу до вимірювання кількості енергії, яка міститься в природному газі. Цей процес розпочався з введенням в дію постанови НКРЕКП № 84 від 26 січня 2017 року «Про затвердження Змін до деяких постанов НКРЕКП про введення на ринку природного газу використання одиниць енергії», якою зобов'язано вказувати у платіжних документах, крім обсягу природного газу в м³, ще і значення середньозваженої теплоти

згоряння газу за розрахунковий період та кількість спожитої енергії в трьох одиницях вимірювання – кіловат-годинах (кВт•год), Гігакалоріях (Гкал) і Мегаджоулях (МДж). На сьогодні облік газу в енергетичних одиницях регламентується прийнятим 2 листопада 2021 року законом «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії», який передбачає перехід на методику обчислення газу в кіловат-годинах замість кубометрів з 1 травня 2022 року. Тому вдосконалення методів та засобів вимірювання енергетичних характеристик природного газу, що є темою запропонованої дисертаційної роботи, є актуальною тематикою, що спрямована на вирішення завдань відповідно до найновішого законодавства України в сфері енергетики.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота є завершеною науково-дослідною роботою, що складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, наведено зв'язок роботи з науково-дослідною темою, поставлено мету та визначено завдання дослідження, об'єкт та предмет дослідження, наведено перелік методів дослідження, що застосовувались для досягнення мети дисертаційної роботи. Сформульовано наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та особистий внесок здобувачки. Подано відомості щодо апробації та опублікування результатів дослідження.

У першому розділі виконано аналіз стану та оцінку тенденцій розвитку вимірювання енергетичних характеристик природного газу. Проаналізовано основні методи вимірювання теплоти згоряння природного газу (компенсаційні, методи калориметрії з вимірюванням зміни температури за час горіння, опосередковані та хроматографічні). Виконано аналіз методів

визначення числа Воббе. Детально досліджено сучасний стан технічного забезпечення вимірювання енергетичних характеристик природного газу на прикладі 18 зразків засобів вимірювальної техніки: 9 зразків засобів прямих методів вимірювання, 6 зразків засобів опосередкованих методів вимірювання та 3 хроматографів. На основі проведеного аналізу методів і засобів для вимірювання природного газу та числа Воббе сформульовано напрямки дисертаційних досліджень з використанням прямих методів вимірювання теплоти згоряння природного газу.

У другому розділі виконано теоретичні дослідження процесу вимірювання енергетичних характеристик природного газу. Проаналізовано особливості вимірювання енергетичних характеристик газу в межах газотранспортної системи України. Наведено теоретичну основу удосконаленого ізоперіболічного методу визначення теплоти згоряння. Виконано аналіз джерел похибки, викликані зміною режиму окислення природного газу в калориметрі прямого згоряння. Досліджено кінетику реакції горіння вуглеводнів, а також методи та засоби контролю якісних показників продуктів згоряння. Здійснено теоретичне обґрунтування основних параметрів та режиму роботи газового калориметра. Досліджено вплив зміни числа Воббе природного газу на роботу газоспоживаючого обладнання. Наведено теоретичну основу методу визначення числа Воббе з використанням резонатора Гельмгольца. З метою оцінки точності запропонованого методу виконано теоретичне дослідження методичної похибки визначення густини газу та числа Воббе з використанням резонатора Гельмгольца, причому для забезпечення повноти дослідження для розрахунку взято всі 9 випадків складу калібрувальних сумішей газів для випробування калориметрів, регламентованих відповідно до ДСТУ ОІМЛ R 140 та весь допустимий діапазон компонентного складу природного газу відповідно до діючого Кодексу газотранспортної системи.

У третьому розділі виконано розроблення технічних засобів вимірювання енергетичних характеристик природного газу. Розроблення

комплексу технічних засобів складалося з 3 частин: розробка та виготовлення дослідного зразка калориметра, розробка та виготовлення дослідного зразка густиноміра і розробка та виготовлення дослідного зразка інформаційно-виміральної системи визначення енергетичних характеристик газу. Конструкцію калориметра прямого згоряння розроблено з урахуванням особливостей конструктивного виконання, необхідних для створення пересувного приладу. Для вимірювання густини, необхідної для визначення числа Воббе, розроблено конструкцію резонансного густиноміра газу на основі залежності власної резонансної частоти резонатора Гельмгольца від густини газу. Всі розроблені пристрої було об'єднано в дослідний зразок комплексного приладу - аналізатора енергетичних характеристик газу, який пройшов експериментальні дослідження з використанням чистого метану та трьох зразків природного газу відповідно до ДСТУ ISO 15971.

Крім того, для забезпечення можливості відбору газу в польових умовах, додатково розроблено комплект технічних засобів для відбору та зберігання проб газу.

У четвертому розділі виконано розробку метрологічного забезпечення вимірювання енергетичних характеристик природного газу. Для цього досліджено стан метрологічного забезпечення вимірювання енергетичних характеристик газу за кордоном, розроблено метрологічне забезпечення густиноміра газу, відтворення об'ємної витрати газу та визначення числа Воббе з використанням запропонованого методу.

Для оцінки точності розробленого приладу виконано окремо метрологічний аналіз калориметра з активним керуванням теплообміном, метрологічний аналіз резонансного густиноміра та метрологічний аналіз вимірювача числа Воббе. Досліджено залежність похибки визначення теплотворної здатності газу від діапазону зміни температури калориметричної ємності та розроблено алгоритм проведення відбору проби газу з використанням розробленого комплекту технічних засобів.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Основним науковим результатом дисертаційної роботи Присяжнюк Л.О. є встановлення залежності числа Воббе від резонансної частоти заповненого природним газом різного компонентного складу резонатора Гельмгольца, що в комплексі з розробленим калориметром дозволяє реалізувати новий метод експериментального визначення числа Воббе. Запропонований метод стабілізації стехіометричного відношення газоповітряної суміші калориметра прямого згоряння шляхом одночасного вимірювання трьох параметрів продуктів згоряння – вмісту залишкового кисню, вмісту монооксиду вуглецю та температури дає можливість оцінювати повноту окислення газу і підвищити точність вимірювання вищої теплоти згоряння. Запропонована залежність похибки визначення теплоти згоряння природного газу від діапазону зміни температури калориметричної ємності дозволяє оцінювати вплив діапазону зміни температури калориметричної ємності на точність вимірювання вищої теплоти згоряння ізоперіболічного калориметра.

З урахуванням зазначеного вважаю, що наукові результати здобувачки є вагомим внеском у розвиток методів і засобів вимірювання енергетичних характеристик газу.

4. Достовірність отриманих результатів і висновків

Експериментальні дослідження проведені відповідно до вимог діючого ДСТУ ISO 15971. Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням сучасного математичного апарату, методів досліджень та застосованих апаратних засобів, що забезпечило повне узгодження теоретичних розрахунків з експериментальними результатами. Кількість досліджень є достатньою для забезпечення достовірності та репрезентативності отриманих результатів.

5. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях

Оформлення дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 187 сторінках друкованого тексту. Обсяг основного тексту дисертації складає 164 сторінки друкованого тексту. Робота містить 15 таблиць, 74 рисунки, список використаних джерел з 109 найменувань та 3 додатки на 5 сторінках. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Проведена перевірка дисертації на наявність академічного плагіату, результати якої свідчать про високу індивідуальність роботи. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль. У дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела.

Повнота викладу результатів в опублікованих працях. За темою дисертації опубліковано 20 наукових праць, з яких 5 статей, з них 1 стаття одноосібно в періодичному науковому виданні інших держав та 2 статті у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, 14 публікацій тез науково-технічних конференцій та 1 патент на корисну модель.

Ці наукові результати відповідають вимогам п.11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року №167, зі змінами та доповненнями.

6. Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Практична цінність проведеного дослідження полягає у апробації розроблених методів визначення густини газу через власну частоту резонатора Гельмгольца та удосконаленого ізоперіболічного методу вимірювання теплоти згорання.

Також, на основі проведених досліджень розроблено та практично виготовлено дослідний зразок вдосконаленого ізоперіболічного калориметра з інтегрованою мікропроцесорною інформаційно-вимірювальною системою, дослідний зразок аналізатора енергетичних характеристик природного газу для визначення вищої теплоти згоряння, густини газу та його числа Воббе. Крім того, розроблено конструкцію вибухобезпечного пробовідбірника газу з пневматичним приводом.

7. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

1. У вступі доцільно було б більш концептуально сформулювати та подати існуючі проблеми, покладені в основу дисертаційного дослідження.

2. Рівняння 2.9 записано в інтегральній формі, і, як вказано далі, обчислюється з використанням числових методів. Було б доцільно оцінити вплив числового інтегрування на загальну точність отриманого результату.

3. У розділі 3.4 доцільно було б більш детально описати будову аналізатора енергетичних характеристик газу.

4. У розділі 3.5 бажано було б вказати назву програмного забезпечення, яке використовувалось для обробки результатів експериментальних досліджень.

5. В тексті зустрічаються дрібні стилістичні неточності та занадто детальний опис окремих процесів (наприклад, у розділі 4.3).

Слід зазначити, що усі наведені недоліки не є принциповими та не знижують високого наукового рівня та практичної цінності результатів дисертаційного дослідження здобувачки.

Висновки

Представлена дисертація є завершеною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані результати. У дисертації вирішене важливе науково-практичне завдання щодо вдосконалення методів і засобів вимірювання енергетичних характеристик природного газу.

Отримані наукові та практичні результати є вагомим внеском у розвиток методів та засобів вимірювання енергетичних характеристик природного газу з метою підвищення їх точності. Зміст роботи повністю відповідає спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Таким чином, дисертаційна робота за ступенем актуальності обраної теми, обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизни, повноти викладу в наукових публікаціях та відсутності порушень академічної доброчесності відповідає пунктам 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167, а її авторка, Присяжнюк Людмила Олександрівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Офіційний опонент: начальник сектору кадрів
ГПУ «Львівгазвидобування»
к.т.н.

А.В. Мотало

Підпис Мотала А.В. засвідчую:

Заступник директора

ГПУ «Львівгазвидобування»

В.С. Штельмах



Відрук надійшов з спеціалізованої Бюрої ради
ДФ 20.052.023
Учений секретар
30.04.2021 р.
В. Троцюк

