

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 20.052.005 Івано-Франківського на-
ціонального технічного університету
нафти і газу

76019 м. Івано-Франківськ,
вул. Карпатська, 15.
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
МАЛІСЕВИЧ НАТАЛІЇ МИКОЛАЇВНИ

на тему: «Вимірювання теплоти згоряння природного газу із застосуванням
торцевих звужувальних пристроїв», що подана на здобуття
ступеня доктора філософії з галузі знань
15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю
152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Актуальність обраної теми. Основним показником якості природного газу, який визначає його енергетичну цінність, є питома об'ємна теплота згоряння. За значеннями теплоти згоряння газу як умовно сталої величини та значенням об'єму газу, приведених до стандартних умов, визначається енергія природного газу. Така процедура визнана в світовій практиці і прийнята в міжнародному стандарті ISO 15112, який в 2009 році набув чинності і в Україні.

На сьогодні з метою впровадження обліку газу з врахуванням його калорійності, як доповнення до вузлів обліку природного газу, переважно застосовують лабораторні хроматографи, які реалізують розрахунковий метод визначення теплоти згоряння природного газу за даними лабораторного аналізу компонентного складу газу. Проте такий метод практично неможливо реалізувати безпосередньо у споживачів, в тому числі й у населення, через значну вартість такого обладнання і практичну відсутність мобільних дешевих хроматографів. Тому ведеться пошук нових методів та розробка нових засобів визначення теплоти згоряння природного газу, які могли би бути реалізовані і безпосередньо у споживачів газу. Цьому завданню і присвячена дисертаційна робота.

1. **Результати дисертаційної роботи реалізовано та впроваджено** в навчальному процесі кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу при

викладанні дисципліни «Опосередковані вимірювання в нафтогазовій промисловості» при підготовці магістрів за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і достовірність результатів. Наукові положення, висновки за результатами досліджень та рекомендації щодо застосування теоретично обґрунтовані і експериментально підтверджені. Результати дисертаційних досліджень отримані з допомогою основних положень теорій газодинаміки, теплообміну, критеріїв гідродинамічної подібності потоків, методів імітаційного моделювання. Експериментальні дослідження та узагальнення результатів здійснювалося із застосуванням методів планування експерименту, теорії вимірювань, математичної статистики і теорії імовірності, статистичного і регресійного аналізу, методів числового опрацювання результатів експериментів із використанням персональних комп'ютерів.

Наукова новизна одержаних результатів може бути охарактеризована таким чином:

1. Вперше отримана математична модель взаємозв'язку теплоти згоряння природного газу із його температурою спалювання при згоранні сумішей газ-повітря різного об'ємного співвідношення, що дає можливість реалізувати процес вимірювання теплоти згоряння природного газу з використанням термоперетворювачів і торцевих звужувальних перетворювачів витрати.

2. Вперше отримані емпіричні залежності між теплою згоряння природного газу і його теплофізичними характеристиками (коефіцієнт стисливості, вміст неуглеводневих компонентів природного газу, густина) за умови застосування торцевих звужувальних пристроїв, що дає можливість досліджувати вплив компонентного складу природного газу на інформативні параметри пристрою вимірювання теплоти згоряння природного газу.

3. Удосконалено метод термометричного контролю при вимірюванні теплоти згоряння природного газу шляхом застосування витратовимірювальних перетворювачів торцевого типу, що забезпечує практичну реалізацію експрес-вимірювання теплоти згоряння природного газу.

Практичне значення отриманих результатів:

Результати дисертаційного дослідження становлять наукову основу для створення засобів експрес-контролю теплоти згоряння природного газу.

Практична цінність наукових результатів, які отримано у дисертаційній роботі на основі теоретичних та експериментальних досліджень, полягає у тому, що розроблено та виготовлено макет експериментальної установки для визначення теплоти згоряння природного газу, яка пройшла апробацію в умовах науково-дослідної лабораторії ІФНТУНГ, що підтвердило правильність прий-

ятих теоретичних підходів та практичних рішень при реалізації експрес-методу визначення теплоти згоряння природного газу.

2. Запропоновані нові технічні рішення при створенні засобів для вимірювання теплоти згоряння природного газу, які захищені двома патентами України на винахід.

Структура та зміст дисертації

В цілому дисертація є завершеним науковим дослідженням, побудована за класичною схемою та складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Матеріали викладені на 160 сторінках основного тексту; робота містить 9 таблиць, 51 рисунок, список використаних джерел з 123 найменувань та 3 додатки на 7 сторінках.

У вступі обґрунтовано актуальність завдання, що вирішується у дисертації, та необхідність проведення досліджень. Сформульовано наукову задачу, мету і напрямки досліджень, новизну отриманих результатів та їх практичну цінність. Надано відомості про публікації та апробацію роботи.

В першому розділі дано поняття теплоти згоряння природного газу як його якісної характеристики на основі впливових факторів і параметрів. Розглянуто прямі і опосередковані методи для визначення теплоти згоряння природного газу і технічні засоби для реалізації. Оцінено сучасну вітчизняну та закордонну нормативну базу для визначення теплоти згоряння природного газу.

На підставі аналізу методів і засобів для вимірювання теплоти згоряння природного газу сформулювати завдання, які необхідно розв'язати в дисертаційній роботі.

Другий розділ присвячено дослідженню процесу вимірювання теплоти згоряння природного газу на засадах використання температури спалювання природного газу як основного вимірюваного інформативного параметра. Досліджено фактори, які впливають на температуру згоряння газу. Розглянуті теоретичні засади згоряння горючих газів, які дозволяють обґрунтувати метод експрес-визначення теплоти згоряння газів за їх температурою спалювання. Досліджено вплив вологості газу і вплив вологості повітря навколишнього середовища на результат вимірювання теплоти згоряння природного газу, а також вплив густини газу та вмісту азоту на показник адіабати і коефіцієнт розширення газу за умов вимірювання витрати з використанням торцевого звужувального пристрою у складі пальника спалюваного газу і, як наслідок, вплив на результати визначення за цих умов теплоти згоряння природного газу. Отримані залежності між теплою згоряння природного газу і його теплофізичними характеристиками (коефіцієнт стисливості, вміст вуглеводневих і неуглеводневих компонентів природного газу, густина) за умови застосування витратовимірювальних торцевих звужувальних перетворювачів у пристрої спалювання газу, що дає можливість досліджувати вплив компонентного складу природного

газу на інформативні параметри засобу вимірювання теплоти згоряння природного газу.

Третій розділ присвячено розробці та дослідженню інформаційно-виміральної системи визначення теплоти згоряння природного газу. Експериментально досліджено вплив якісного та кількісного складу газових сумішей на температуру полум'я досліджуваного газу за різних значень витрати газу і зміни умов його згоряння а також здійснено вимірювання фактичної температури полум'я для умов лабораторного стенду і встановлено відмінність цієї температури полум'я від довідкових даних. Оцінено кількісне значення методичної похибки при застосуванні різних термоперетворювачів.

У четвертому розділі наведено методичні похибки запропонованого методу вимірювання теплоти згоряння природного газу. Досліджено і кількісно оцінено вплив окремих складових похибки, зокрема, впливу вмісту азоту у досліджуваному газі.

У додатках до роботи наведено результати експериментальних досліджень вимірювання температури полум'я при спалюванні досліджуваного газу.

Повнота викладу основних матеріалів дисертації в опублікованих працях.

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 10 міжнародних і 6 всеукраїнських науково-технічних конференціях

За результатами виконаних досліджень опубліковано 26 наукових публікацій, у тому числі 5 статей у вітчизняних виданнях, що входять до переліку МОН України (серед яких 1 стаття у фаховому виданні України, включеного до наукометричної бази Web of Science і 1 стаття у виданні з наукометричною індексацією Index Copernicus), 3 статті у закордонних періодичних виданнях (серед яких 1 з наукометричною індексацією Scopus і 1 – Index Copernicus), 2 патенти України на винаходи, 16 публікацій (із них 3 одноособові) за матеріалами праць міжнародних і всеукраїнських науково-технічних конференцій

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертацій.

Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою, із використанням сучасної наукової термінології, легко читається. Робота виконана на високому науковому рівні, становить завершену наукову працю, має суттєве практичне значення та містить розв'язання актуальної науково-прикладного завдання у галузі вимірювання і контролю якісних параметрів природного газу – удосконалення методу і технічних засобів для вимірювання теплоти згоряння природного газу.

Зміст дисертації досить виважений та цілісний, робота відповідає темі досліджень, нормам граматики, вимогам спеціальності 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка».

Зауваження по роботі:

1. Авторка в дисертаційній роботі за мету поставила «удосконалення методу і технічних засобів для вимірювання теплоти згоряння природного газу за температурою його спалювання із застосуванням витратовимірвальних торцевих звужувальних пристроїв», але таке формулювання мети не дає відповіді на питання, що це дає в плані покращення метрологічних характеристик як методу, так і запропонованого засобу.

2. Другий розділ дисертації, на наш погляд, має завищену кількість сторінок за рахунок досить великого обсягу оглядового матеріалу. Таку інформацію наводять, як правило, в першому розділі.

3. Рисунки 1.3, 1.4, 1.5 в дисертації є настільки узагальненими, що, практично, не несуть смислового навантаження.

4. Перший пункт наукової новизни, говорить про те, що «Вперше отримана математична модель взаємозв'язку теплоти згоряння природного газу із його температурою спалювання при згоранні сумішей газ-повітря різного об'ємного співвідношення...» (формула 3.6, 3.7). В дійсності дані формули описують взаємозв'язок температури спалювання природного газу при згоранні сумішей газ-повітря різного об'ємного співвідношення, витрат та коефіцієнта співвідношення витрат додаткового повітря і газу. Ці співвідношення можна вважати науковою новизною. А теплота згоряння природного газу, за отриманою температурою, визначається за відомою формулою 2.16. Тому перший пункт наукової новизни, на наш погляд, повинен був формулюватися як «Вперше отримана математична модель взаємозв'язку теплоти згоряння природного газу із його температурою спалювання при згоранні сумішей газ-повітря різного об'ємного співвідношення, яка визначається як взаємозв'язок температури, витрат та коефіцієнта співвідношення витрат додаткового повітря і газу...», виходячи із формул (3.6, 3.7).

5. В другому пункті наукової новизни стверджується, що «Вперше отримані залежності між теплотою згоряння природного газу і його теплофізичними характеристиками (коефіцієнт стисливості, вміст неуглеводневих компонентів природного газу, густина) за умови застосування торцевих звужувальних пристроїв...». З дисертації не зрозуміло, виходячи із даних залежностей, яким чином торцеві звужувальні пристрої впливають на результат вимірювання.

6. На наш погляд текст четвертого пункту наукової новизни щодо вдосконалення методу сформульований таким чином, що не відповідає на питання,

чи дійсно отримав подальший розвиток метод. Виходячи з роботи можна стверджувати, що удосконалення має місце за рахунок визначення теплоти згоряння природного газу шляхом вимірювання температури безпосередньо полум'я спалюваного газу на відміну від калориметрів, які передбачають визначення теплоти згоряння шляхом передачі енергії спалюваного газу додатковому середовищу.

7. З дисертаційної роботи не зрозуміло, який вимірювальний засіб розроблявся, оскільки третій розділ має назву «Розроблення і експериментальні дослідження засобу вимірювання теплоти згоряння природного газу», а підпункт 3.1 – «Розроблення принципової схеми інформаційно-вимірювальної системи для вимірювання теплоти згоряння природного газу».

8. В другому абзаці висновків 4 розділу авторка стверджує, що «За результатами метрологічних досліджень формування впливу методичних, інструментальних та додаткових складових похибок проведений метрологічний аналіз методу визначення теплоти згоряння природного газу....». Аналіз методу може бути здійснений тільки на основі методичних похибок.

9. В роботі зустрічаються, хоч і дуже рідко граматичні та стилістичні помилки, наприклад: «алгоритмічні залежності між теплоотою згоряння природного газу і його теплофізичними характеристиками» (Другий пункт наукової новизни), мало бути «емпіричні залежності між теплоотою згоряння природного газу і його теплофізичними характеристиками»; «на сьогоднішній день» (стр. 79), мало бути «на сьогодні»; диоксиду вуглецю (стр. 84), мало бути «діоксиду вуглецю»; «жаропродуктивність», мало бути «жаропродуктивність»; «Моделювання алгоритму визначення коефіцієнта стисливості біогазу при визначенні його теплоти згоряння...» (Підрозділ 2.5) мало бути «Визначення коефіцієнта стисливості біогазу при моделюванні процесу вимірювання його теплоти згоряння».

Висновки

Дисертація Малісевич Наталії Миколаївни, що подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», виконана на високому науковому рівні, становить завершену наукову працю та має суттєве практичне значення. В дисертації міститься рішення важливої науково-прикладного завдання у галузі вимірювання і контролю якісних параметрів природного газу.

За актуальністю теми, мірою обґрунтованості наукових положень, достовірністю, новизною, теоретичною та практичною цінністю одержаних результатів вважаю, що дисертаційна робота повністю відповідає «Порядку проведення експерименту з присудження доктора філософії», що затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, а її авторка – Малісе-

вич Наталія Миколаївна заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка».

Офіційний опонент
завідувач кафедри
електроніки та наносистем
Вінницького національного
технічного університету
доктор технічних наук, професор

«11» грудня 2020 р.



Й. Й. Білинський

Підпис Білинського Й.Й.
ПОСВІДЧУЮ
Зав. канцелярією

Відгук надійшов до спеціалізованої
Вченої ради ДФ 20.052.005
11.12.2020р.

Голова спеціалізованої Вченої ради
ДФ 20.052.05



Райтера
Посвідчую
Учений секретар ІФНТУНГ
11 12 2020

Рейтер П.М.