

ВІДГУК

офіційного опонента Якиміва Миколи Мирославовича на дисертаційну роботу
Височанського Ігоря Івановича

**«Удосконалення методів обслуговування та ремонту газових мереж з
урахуванням енергетичних характеристик природного газу»»,**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища

Дисертація присвячена розробленню сучасних підходів до експлуатації газових мереж середнього та низького тиску, що включають як удосконалення методики розрахунку мереж, так і їх експлуатації, а також питанню створення можливості визначення якісних характеристик природного газу за допомогою розробленого дослідного зразка установки для визначення теплоти згорання природного газу в потоковому режимі.

1. Актуальність теми

На даний час газовий сектор України перебуває на етапі активних реформ, спричинених взятими зобов'язаннями країни перед міжнародними організаціями, такими як Енергетичне співтовариство та Європейський союз. Актуальність змін в секторі підтверджується активністю впровадження державними органами влади реформотворчих нормативних документів та законів. До прикладу Закону України «Про ринок природного газу», Постановою НКРЕ та КМ №2498 «Про затвердження типового договору розподілу природного газу», ДСТУ ISO 15112:2009 «Природний газ. Визначення енергії» та низки інших документів, положення яких визначають напрям реформування ринку газу в країні.

Оптимальне функціонування ринку потребує переходу до світової практики (розрахунків за природний газ з об'ємних до енергетичних показників). Необхідною умовою є організація вимірювання теплотворної здатності енергоресурсу в потоковому режимі. Наразі в системах газопостачання відсутній комплекс обладнання для визначення калорійності природного газу на рівнях кінцевих споживачів мережі.

Фізико-хімічні показники природного газу серйозно впливають на ефективність роботи газового обладнання, особливо для джерел тепла з процесом спалювання. В умовах ринку природного газу необхідною умовою для системи газопостачання низького і середнього тисків є впровадження нових підходів до розрахунку газових мереж та системи збору інформації про характеристики енергоносія, що продається мережами споживачам.

Враховуючи вказане вище, зрозуміло, що розроблення сучасних підходів до експлуатації газових мереж середнього та низького тисків є актуальною задачею в галузі трубопровідного транспорту та потребує термінового вирішення. Саме даній проблематиці присвячена робота Височанського І.І., що свідчить про її значну важливість.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, їх новизна і достовірність

Наведені в роботі здобувача наукові положення, а також висновки і результати дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими. Слід звернути увагу на використання автором сучасних підходів до кореляційного методу визначення нижчої теплоти згорання природного газу, нових рішень в розрахунку реконструкції сталевих газових мереж протягуванням в них поліетиленових труб, інноваційних способів конструювання акустичної камери приладу для експрес-контролю теплоти згорання природного газу. Опрацювання результатів та знаходження аналітичних моделей проведено з використанням сучасних програмних пакетів, що свідчить про застосування автором сучасних досягнень науки і техніки.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Основні положення наукової новизни здобувача можна сформулювати наступним чином:

- Розроблена стратегія обслуговування газопроводів низького та середнього тисків для забезпечення вимірювання питомої теплоти згорання природного газу, безпосередньо в потоковому режимі;
- Встановлена та експериментально підтверджена залежність між питомою теплотою згорання та швидкістю ультразвукових коливань, зміною температури природного газу, що дозволяє зменшити (до 4%) похибку вимірювань та забезпечити можливість коректного розрахунку з споживачами;
- Удосконалено спосіб модернізації газових мереж шляхом протягування в них поліетиленових ділянок (вставок), що забезпечує підвищення якісних характеристик природного газу та надійності газових мереж;
- Знайшов подальший розвиток метод розрахунку, проектування та реконструкції газових мереж низького та середнього тисків з урахуванням енергетичних характеристик природного газу, що відповідає вимогам 3-го Енергопакету ЄС.

4. Практична цінність дисертації

На основі проведених здобувачем аналізу та досліджень слід виділити найбільш вагомі та особливо важливі здобутки з точки зору практичної цінності. Такі здобутки полягають в наступному:

- отримано удосконалену методику розрахунку діючих газових мереж при їх реконструкції шляхом протягування в них поліетиленових труб;
- автором запропоновано новий підхід до гідравлічного розрахунку газових мереж середнього та низького тисків з врахуванням енергетичних характеристик природного газу при проектуванні та модернізації газових мереж;
- розроблено та проведено промислову апробацію дослідного взірця приладу для експрес-контролю якості газу в потоковому режимі в мережах низького та середнього тисків.

5. Повнота викладення матеріалу в опублікованих працях

Основні теоретичні положення та експериментальні результати дисертаційного дослідження викладені автором в 16 наукових працях, в тому числі: 1 колективна монографія, 8 статей у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України; 1 зарубіжна публікація (входить в наукометричну базу даних Scopus); 5 матеріалів міжнародних та національних конференцій, 1 патент на корисну модель.

6. Загальна оцінка змісту дисертаційної роботи та її довершеність.

Дисертація здобувача Височанського Ігоря Івановича складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків та списку літератури (всього 100 літературних джерел). Основний зміст дисертації становить 135 сторінок друкованого тексту та містить 39 рисунків і 9 таблиць.

У **вступі** автором описано актуальність проблеми, сформульовано мету та завдання дослідження; наведено пункти наукової новизни та практичної цінності роботи. Крім того, подано інформацію про кількість публікацій, результати апробації на конференціях та особистий внесок здобувача в друкованих працях.

У **першому** розділі здобувачем проведено детальний аналіз літературних джерел в розрізі вимірювання теплотворної здатності природного газу. Виконано огляд основних проблем газопостачання на рівні газорозподілу. В розділі приведені основні напрями подальших досліджень.

Другий розділ автор присвятив опрацюванню кореляційної залежності теплотворної здатності природного газу від його компонентного складу. В наведених залежностях використані дані щодо зміни об'ємної частки вуглеводневих та неуглеводневих сполук та їх впливу на якісні параметри енергоресурсу. Також автором охарактеризовано відмінності засобів, що працюють на основі різних методів визначення калорійності природного газу.

У **третьому** розділі автором подаються математичні та аналітичні моделі впливу теплотворної здатності природного газу на енергозабезпечення споживачів.

Слід також звернути увагу на наступні, висвітлені в розділі, моменти:

- Запропонована удосконалена методологія проведення розрахунку необхідного діаметру поліетиленової труби для прокладання в сталевій, що враховує показники енерговитратності поліетиленових труб і фактичні температурні умови перекачування, яка враховує попереднє отримання вхідних параметрів математичної моделі, з метою підвищення точності розрахунку на обраній ділянці трубопроводу.
- На основі дослідження порівняння запропонованої удосконаленої методики та нормативної, автором зроблено дослідження, які свідчать про втрату пропускної здатності елемента газорозподільної системи діаметром, рекомендованих ДБН В.2.5-41:2009, в залежності від діаметра сталевих газопроводу.
- Керуючись результатами дослідження впливу зміни якісних характеристик природного газу на параметри мережі на рівні кінцевих

споживачів виведено залежності витрати тиску природного газу від зміни його динамічної в'язкості.

У **четвертому** розділі автором проведено важливе дослідження визначення основотворчих взаємозалежності між швидкістю звуку в природному газі і його теплотворною здатністю та залежності швидкості проходження ультразвукової хвилі в об'ємі природного газу від вмісту в ньому CO₂. Проведено дослідження лабораторного взірця пристрою для вимірювання теплоти згорання природного газу на питання удосконалення його конструкції. В цілях зменшення похибки і часу вимірювання удосконаленої установки, розширення можливих діапазонів температур навколишнього середовища при яких виконується вимірювання, здобувачем отримано залежність приведення швидкості ультразвукових коливань в природному газі до нормальних умов через виведення температурного коефіцієнту швидкості ультразвукових коливань в природному газі. Удосконалено програму установки ділянками коду, що враховують параметри затухання ультразвукових коливань в тестовій камері приладу. Автором розроблено унікальну конструкцію акустичної камери на основі визначення оптимальної віддалі між перетворювачами ультразвукових коливань, їх діаметру та форми.

Проведено експериментальне дослідження визначенням максимальної приведеної до діапазону похибки визначення нижчої теплоти згорання природного газу дослідним взірцем установки. На базі лабораторії перевірки промислових лічильників газу на ПАТ «Івано-Франківськгаз» проведено промислову апробацію розробленого дослідного взірця, а на базі хімлабораторії ПАТ «Івано-Франківськгаз» проведена оцінка технічної відповідності приладу для визначення теплоти згорання природного газу «GAS – Hi – Q».

7. Зауваження по роботі

Слід звернути увагу на наявні зауваження до дисертаційної роботи здобувача.

7.1 В першому розділі дисертаційної роботи багато уваги приділено процесам, причинам та наслідкам утворення вологи в порожнинах трубопроводу, проте в подальших дослідженнях наявність крапельної вологи в порожнині трубопроводу та її вплив на пропускну здатність ділянки газопроводу (окрім впливу тільки газоподібної вологи на теплоту згорання природного газу) ніяким чином не досліджується. Наявність рідини в порожнині газопроводу та її накопичення на окремих ділянках може призвести до значного зменшення пропускну здатності, а також до руйнування окремих ділянок газопроводу через її можливе замерзання в зимовий період. Доцільно б було провести такі дослідження з виявлення ділянок накопичення рідини в порожнинах трубопроводу різними методами, в тому числі методом вимірювання перепаду тиску.

7.2 На сторінці 37, останній абзац розділу 2.1 зазначено: «Для цього насамперед необхідно ввести зміни до нормативної бази, зокрема, визначити нижню межу калорійності газу...», в той же час в розділі 1.3. сказано: «Чинний

Кодекс газотранспортної системи [26] встановлює діапазон значень для H_n від 7805 ккал/м^3 ($32,66 \text{ МДж/м}^3$) до 8255 ккал/м^3 ($34,54 \text{ МДж/м}^3$). Якщо існують нормативні документи, що встановлюють діапазон значень калорійності газу, для чого потрібно вносити зміни?

7.3 Сторінка 39, абзац 2, сказано що: «Значення нижчої питомої теплоти згоряння ... газу, який подається для промислового та комунально-побутового використання, тобто як енергоносія, відповідно до [39] не повинне бути меншим від $31,8 \text{ МДж/м}^3$ (7600 ккал/м^3)». Джерело [39] є статтею в журналі «Нафтова і газова промисловість» і не може встановлювати вимоги до питомої теплоти згоряння природного газу.

7.4 Підрозділ 3.1 закінчується реченням: «Отже, зменшення діаметру газопроводу або збільшення його гідравлічного опору призведе до можливих збоїв в системі газоспоживання», проте далі в підрозділі 3.2 продовжується дослідження методики розрахунку реконструкції сталевих газових мереж протягуванням в них поліетиленових труб, тобто шляхом зменшення діаметру трубопроводу, що є доповненням попереднього підрозділу і тому їх доцільно було б об'єднати під єдиним висновком.

7.5 Враховуючи те, що метою роботи є вдосконалення методів експлуатації, обслуговування та ремонту газових мереж середнього та низького тисків шляхом врахування реальних енергетичних характеристик природного газу, на мою думку Розділ 3 є не повним. Доцільно було б все ж таки доповнити клас визначальних параметрів теплою згоряння (стор. 83, останнє речення розділу 3). Деякі результати таких досліджень з метою пошуку залежностей між теплою згоряння природного газу та величиною падіння тиску в мережі подано в таблиці 3.2, які отримані з допомогою програмного продукту SIMONE 6.1, проте поділ здійснено тільки за параметрами «Низькокалорійний» та «Висококалорійний» без конкретних значень діапазонів.

7.6 Розділ 4.1 подано як: «Встановлення взаємозалежності між швидкістю звуку в природному газі і його теплотворною здатністю», хоча в цьому ж розділі присутні результати експериментальних досліджень також і такого параметра як вміст CO_2 , який в подальшому використовується при розробленні системи контролю теплотворної здатності природного газу.

7.7 В розділі 4, стор. 127 сказано, що діапазон вимірювання приладу складає $7600\text{-}9000 \text{ ккал/м}^3$, проте в жодних табличних даних теплоти згоряння природного газу, які наведені в тексті дисертаційної роботи (включаючи додатки) немає проб газу з такими крайніми значеннями теплоти згоряння (зокрема таблиця 4.3 містить значення теплоти згоряння в діапазоні $8146\text{-}8577 \text{ ккал/м}^3$). Якщо прилад не апробувався на такому широкому діапазоні теплоти згоряння, то чи будуть достовірні результати при низьких чи навпаки високих значеннях теплоти згоряння?

7.8 В тексті дисертації неодноразово подано визначення та роз'яснення поняття питомої теплоти згоряння природного газу.

8. Висновки

Наведені вище зауваження до дисертаційної роботи і автореферату не впливають на обґрунтованість наукових положень і висновків дисертації та не знижують наукової цінності і практичного значення одержаних результатів. Дисертаційна робота Височанського Ігоря Івановича «Удосконалення методів обслуговування та ремонту газових мереж з урахуванням енергетичних характеристик природного газу» є завершеною науковою працею, основні положення якої достатньо обґрунтовані. Робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.15.13 Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

В цілому робота Височанського І.І., на мою думку, виконана з дотриманням усіх вимог до кандидатських дисертацій у відповідності з п.п 9, 11 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. за №567, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.13 Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

Офіційний опонент,
кандидат технічних наук

М.М. Якимів



Відгук надіслав у спеціалізовану вчену раду Д 20.052.04 06.02.2019р.

Учений секретар ІФНТУМ



В. Проциук