

Відгук

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Коробка І.В.
на дисертацію Масняка Олега Ярославовича
„Вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу”,
яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних
наук
за спеціальністю 05.11.01 – прилади та методи вимірювання механічних
величин

Актуальність теми дисертації

В умовах енергетичного дефіциту та зростання вартості енергоносіїв проблема їх обліку для України є надзвичайно важливою. Це стосується і супутнього нафтового газу, який може використовуватись як висококалорійне паливо або як сировина для низки виробництв в хімічній галузі. Не зважаючи на це, більшість видобутого супутнього нафтового газу не обліковується, а спалюється на факелах. Навіть при спалюванні супутнього нафтового газу необхідно здійснювати його облік, адже це дозволить оцінювати рівень забруднення атмосфери продуктами його згоряння.

Дисертаційна робота Масняка О. Я. якраз і присвячена розв'язанню наявної на сьогодні науково-технічної проблеми – розробки нового методу та засобів реєстрації супутнього нафтового газу. Вирішення цієї проблеми сприятиме обліку супутнього нафтового газу і, відповідно, економному використанню вказаного енергоносія.

Таким чином, дисертаційна робота Олега Масняка є на часі і її актуальність є незаперечною.

Наукова новизна. До найбільш суттєвих наукових результатів дисертаційної роботи відносяться:

- запропоновані нові засади побудови систем вимірювання витрати та кількості плинних потоків на базі методу змінного перепаду тиску, з врахуванням обмежень визначених його компонентним складом та діапазонами робочих температури та тиску, що дозволило вперше реалізувати ефективну систему реєстрації витрати та кількості супутнього нафтового газу;

- отримано нові залежності для визначення механічних та термодинамічних параметрів (густини, показника адіабати та коефіцієнта динамічної в'язкості) супутнього нафтового газу для конкретної його суміші у визначених діапазонах вимірювання температури та тиску. Це дає можливість усунути ітераційні цикли в процесі розрахунку термодинамічних параметрів при визначенні витрати та кількості супутнього нафтового газу на основі методу змінного перепаду тиску;

- удосконалено математичну модель та алгоритми розрахунку об'єму та об'ємної витрати супутнього нафтового газу на основі методу змінного перепаду тиску із стандартними пристроями звуження потоку. Це надало

можливість розробити програмний код у системі автоматичного проектування та розрахунку витратомірів змінного перепаду тиску САПР "Расход-РУ" (версія 2.0) для створення системи вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу і розробити програмне забезпечення обчислювача, що входить до комплексу реєстрації такого газу;

- удосконалено залежність відносної стандартної невизначеності об'ємної витрати супутнього нафтового газу на основі методу змінного перепаду тиску, що дає можливість розробити методологію визначення відносної розширеної невизначеності системи реєстрації такого газу методом змінного перепаду тиску.

Практичне значення отриманих в дисертації результатів

Практичне значення отриманих у роботі результатів полягає в наступному:

- розроблені залежності для розрахунку термодинамічних параметрів супутнього нафтового газу, які дозволяють побудувати систему вимірювання витрати та кількості у широкому діапазоні компонентних складів супутнього нафтового газу, а також можуть бути застосовані для різних теплотехнічних розрахунків;

- розроблені засади побудови системи вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу на основі методу змінного перепаду тиску за наперед визначених обмежених параметрах компонентного складу, тиску та температури, яка може застосовуватися і для інших одно - або багатокомпонентних сумішей газів;

- на основі удосконаленої математичної моделі витратоміра змінного перепаду тиску розроблена структура системи вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу та обрані засоби вимірювання для реалізації цієї структури;

- розроблено програму реалізації алгоритму розрахунку витрати та кількості супутнього нафтового газу для мікропроцесорних обчислювачів - витратомірів;

- розроблено систему вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу, яка без градування перетворювача витрати та системи в цілому забезпечує реєстрацію об'ємної витрати супутнього нафтового газу з відносною розширеною невизначеністю, що не перевищує 2 % за максимальної витрати;

- удосконалено систему автоматичного розрахунку та проектування витратомірів змінного перепаду тиску САПР «Расход-РУ» (версія 2.0), яка використовується для проектування витратомірів супутнього нафтового газу.

Результати досліджень можуть застосовуватися на підприємствах, які займаються видобуванням вуглеводневих сумішей, їх транспортуванням та постачанням до підприємств і споживачів, а також підприємствами, які займаються розробленням та впровадженням витратомірів плинних середовищ. Крім того, викладений у роботі підхід до побудови систем вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу на основі методу

змінного перепаду тиску може застосовуватися і для інших видів газових сумішей.

Зв'язок дисертаційної роботи з державними науковими програмами, планами, темами, пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки

Дисертаційна робота виконувалася згідно тематичним планом проведення науково-дослідної роботи Національного університету «Львівська політехніка» в рамках "Підвищення точності вимірювання витрати та кількості вологого нафтового газу ", держбюджетна тема ДБ/ВНГ, номер державної реєстрації 0108U000336 (2008 – 2009 рр.).

Основою дисертаційної роботи є теоретичні і експериментальні дослідження виконані на кафедрі «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Національного університету «Львівська політехніка» у рамках наукового напрямку «Вдосконалення і розробка елементів і підсистем збору та первинної обробки інформації в АСУ ТП».

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та достовірність отриманих результатів

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації, забезпечується коректністю постановки і розв'язання завдань дослідження, чітким формулюванням мети і вибором методів досліджень, використанням широко апробованих методів математичної статистики, теорії похибок вимірювання, а також результатами теоретичних і експериментальних досліджень та випробувань.

Достовірність отриманих результатів підтверджується збігом даних, отриманих при теоретичних та експериментальних дослідженнях, а також державною атестацією вдосконаленої системи автоматизованого розрахунку та проектування витратомірів енергоносіїв – САПР «Расход-РУ» (версія 2.0), яка використовується для проектування витратомірів супутнього нафтового газу.

Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих працях. Впровадження результатів дослідження

Основні положення та результати дисертаційної роботи викладені у 25 наукових працях, а саме: 4 статті у наукових фахових виданнях України (1 з них у науковому фаховому виданні України, що включено до наукометричної бази даних Index Copernicus International), 3 статті у наукових періодичних виданнях інших країн (США – видання включено до наукометричної бази даних Scopus, Казахстан та Російська Федерація), 1 патент на винахід, 1 публікація у науковому виданні, 1 посібник користувача, науково-технічне редагування п'яти Національних стандартів України, 10 публікацій у збірниках доповідей міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій, які розкривають суть розв'язуваних наукових задач.

Результати дисертації впроваджені як в промисловості, так і в навчальному процесі. Особливо слід відзначити, що вдосконалена системи автоматизованого розрахунку та проектування витратомірів енергоносіїв – САПР «Расход-РУ» (версія 2.0), яка використовується для проектування витратомірів супутнього нафтового газу, пройшла державну атестацію в ДП «Укрметртестстандарт».

Все це додатково підтверджує практичну цінність роботи.

Структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Матеріали дисертації викладено на 237 сторінках, з них 158 сторінок основної частини, 25 ілюстрацій та 28 таблиць. Список використаних джерел складається із 96 найменувань.

У вступі наведено загальну характеристику роботи, окреслено проблему та обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, об'єкт та предмет дослідження, висвітлено наукову новизну, практичну цінність та особистий внесок здобувача в одержані результати, подано відомості про їх апробацію, публікації та впровадження.

Перший розділ присвячено аналізу існуючого стану щодо вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу, показана необхідність такого вимірювання. Детально проаналізовано властивості супутнього нафтового газу та показано його відмінності від природного газу, обумовлені, зокрема, наявністю значної частки важких вуглеводнів. Показано вплив цих властивостей супутнього нафтового газу на вибір методу вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу. Сформовано критерії, якими слід керуватись при побудові системи обліку супутнього нафтового газу.

У другому розділі подано результати досліджень фізичних параметрів супутнього нафтового газу, зокрема діапазони їх змін, та їх вплив на роботу тих чи інших систем вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу. Досліджено також таке критичне для функціонування систем вимірювання явище як поява рідинної фази у супутньому нафтовому газі.

Запропонована методика вибору методу вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу на основі встановлених автором критеріїв. Згідно з цією методикою і на базі вказаних критеріїв шляхом порівняння п'яти різних методів вимірювання здійснено обґрунтований вибір методу змінного перепаду тиску. Однак для застосування цього методу в специфічних умовах вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу слід удосконалити сам метод вимірювання та модифікувати алгоритм розрахунку витрати. Виходячи з умови досягнення максимальної точності вимірювання пропонується уточнений алгоритм розрахунку витрати та, відповідно, уточнена послідовність дій в реалізації цього методу вимірювання.

Третій розділ присвячений аналізу існуючих методик розрахунку термодинамічних параметрів (густина, показник адіапти та коефіцієнт динамічної в'язкості) вуглеводневих сумішей, які можуть застосовуватися для супутнього нафтового газу, та розробленню нових залежностей для

розрахунку вказаних параметрів для конкретної суміші супутнього нафтового газу в заданих діапазонах вимірювання температури та тиску.

Для порівняння результатів розрахунку густини супутнього нафтового газу взято дві узаконених методики: методику для вуглеводневих сумішей ГСССД МР 113-03 та методику для природного газу AGA8-92DC. Проаналізовані особливості цих методик: області застосування в координатах тиску та температури, алгоритми розрахунку та похибки розрахунку термодинамічних параметрів газових сумішей, Слід зазначити, що необхідність розробки нових методик обумовлена тим, що вказані існуючі методики не можуть бути реалізовані в мікропроцесорних пристроях системи вимірювання.

Встановлено компонентний склад для 15 різних реальних сумішей супутнього нафтового газу та проаналізовано роботу алгоритму обчислення їх термодинамічних параметрів згідно відомих методик. Для забезпечення необхідної точності розрахунку та суттєвого спрощення алгоритму розрахунку (виключення ітераційних циклів, зменшення розрядності сталих коефіцієнтів тощо) запропонована нова методика, що базується на розроблених нових залежностях – різних для кожного термодинамічного параметра. Суть запропонованої методики полягає в тому, що для кожного окремого складу супутнього нафтового газу за розробленою програмою визначаються коефіцієнти поліноміальної залежності для розрахунку кожного термодинамічного параметра, які забезпечують високу точність апроксимації у визначеному діапазоні зміни тиску і температури.

Виконані дослідження дуже важливі для реалізації вибраного методу вимірювання та системи вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу

В четвертому розділі розроблено систему вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу на базі вдосконаленого методу змінного перепаду тиску. При цьому суть вдосконаленого методу змінного перепаду тиску полягає в уточненні його математичної моделі новими математичними залежностями для визначення густини, показника адіабати та динамічної в'язкості супутнього нафтового газу, визначення коефіцієнта Джоуля-Томсона для втрат тиску на звужувальному пристрої, новими моделями похибок вимірювання, а також у новому алгоритму обчислення витрати супутнього нафтового газу.

Розроблена структурна схема системи вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу та показані варіанти її реалізації. Вибрані апаратні та програмні засоби системи забезпечують: вимірювання перепаду тиску на звужувальному пристрої, тиску та температури супутнього нафтового газу; розрахунок його витрати та кількості, приведених до стандартних умов; формування та зберігання бази даних; представлення результатів обчислення на цифровому табло в зручній для оператора формі; зв'язок із системами збору даних та керування верхнього рівня.

Удосконалено систему автоматичного розрахунку та проектування витратоміра змінного перепаду тиску для супутнього нафтового газу САПР

«Расход-РУ» (версія 2.0), яка призначена для проектування, перевірки та виконання оцінки відповідності технічному регламенту систем вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу у відповідності до комплексу міждержавних стандартів ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5:2009.

П'ятий розділ направлено на розроблення та обґрунтування методики визначення відносної розширеної невизначеності результату вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу на основі вибраного методу, а також виконанню досліджень для підтвердження цієї методики..

Отримано нові залежності для визначення ряду невизначеностей результату вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу, які разом з відомими залежностями із ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5:2009 складають основну модель похибки такого вимірювання. Особливої уваги тут заслуговує запропонований новий підхід щодо врахування складової похибки, обумовленої можливими змінами складу супутнього нафтового газу, а, в разі потреби, нова процедура зміни алгоритму розрахунку витрати супутнього нафтового газу, яка забезпечить зменшення цієї складової.

Таким чином, пропонується нова теоретично обґрунтована та експериментально досліджена система вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу, яка без градування перетворювача витрати та системи в цілому забезпечує вимірювання об'єму супутнього нафтового газу з відносною розширеною невизначеністю вимірювання витрати, що не перевищує 2 % для максимального значення витрати середовища.

Завершують дисертаційну роботу **висновки, список використаних джерел**, на які є посилання у роботі, та **додатки**.

Дисертація Масняка О. Я. «Вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу» **є завершеною науковою працею.**

Зміст дисертаційної роботи відповідає паспорту спеціальності 05. 11. 01 – прилади та методи вимірювання механічних величин, за якою вона подана до захисту.

Відповідність автореферату змісту дисертації

Автореферат в загальному написаний відповідно до вимог, які встановлені відповідними нормативними документами та положеннями до авторефератів. Він містить усі необхідні складові структурної побудови і в ньому викладена основна суть виконаних наукових досліджень, а також наведені висновки та список основних публікацій. В цілому зміст автореферату дисертації адекватно відображає основну суть виконаної роботи.

По змісту дисертації та автореферату є такі зауваження:

1. Не зрозуміло, на яких підставах для розробленої системи вимірювання обмежено значення допустимої відносної розширеної

невизначеності результату вимірювання витрати супутнього нафтового газу для максимального значення витрати на рівні 2%.

2. В п'ятому розділі дисертації пропонується алгоритм роботи оператора з розробленою системою вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу. Однак не дуже ясно, яким має бути часовий інтервал між двома сусідніми аналізами компонентного складу супутнього нафтового газу.

3. Чи не є зайвим застосування вдосконаленої системи САПР «Расход-РУ» для підтримування роботи розробленої системи вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу в режимі її експлуатації.

4. В дисертаційній роботі зроблено висновок щодо збігу даних, отриманих при теоретичних та експериментальних дослідженнях, і достовірності результатів, але не вказано яким чином здійснювалося саме оцінювання. Слід було застосувати статистичні методи оцінювання адекватності математичних моделей реальним процесам із використанням статистичних критеріїв Фішера і Стьюдента.

5. Під час досліджень бажано було б застосувати сучасні можливості віртуального моделювання взаємодії потоку вимірюваного середовища із елементами конструкції приладів, наприклад програмний пакет Ansys. Це надало б можливість більш ефективно оцінити ступінь впливу асиметричності потоку на метрологічні характеристики засобу вимірювання витрати і кількості газозафазних середовищ за різних умов і діапазонів виміру.

6. При викладені матеріалу є певні неточності, наприклад на стор.17 є фраза: "...3 млн. м² газу, що в перерахунку становить 36 млн. м² газу"?, є повторення формул (2.17 та 3.1), при наведенні результатів експериментальних досліджень (рис.3.8. 3.12, 3.15) графічні залежності повинні бути апроксимовані.

Однак, наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, вони мають локальний характер і не стосуються основних положень, що виносяться на захист.

Слід окремо відзначити, що дисертація написана доброю технічною українською мовою та оформлена відповідно до діючих вимог. Робота добре ілюстрована і майже не перевантажена зайвим матеріалом.

Висновки

Дисертаційна робота Масняка О. Я. «Вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати в галузі вимірювання витрати та кількості плинних енергоносіїв, що у сукупності вирішують важливу науково-технічну проблему забезпечення вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу.

Дисертаційна робота Масняка О. Я. відповідає науковому рівню робіт, що подаються до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. За актуальністю, науковим рівнем розробок та їх практичним втіленням,

наявністю необхідної кількості та обсягу публікацій дисертаційна робота «Вимірювання витрати та кількості супутнього нафтового газу» відповідає п.п. 9, 11, 12 „Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника“, а її автор Масняк Олег Ярославович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.01 – прилади та методи вимірювання механічних величин.

Офіційний опонент, директор
Інституту аерокосмічних технологій
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,

доктор технічних наук, професор  Іван КОРОБКО

Підпис доктора технічних наук,
професора Івана Коробка засвідчую
Вчений секретар
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,

кандидат технічних наук, доцент  Валерія ХОЛЯВКО

