

ВІДГУК

офіційного опонента

кандидата технічних наук Баса О.А.

на дисертаційну роботу

Костика Ігоря Володимировича

«Вимірювання витрати газоподібних середовищ із змінною
газодинамічною структурою потоку»,

яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних
наук за спеціальністю 05.11.01 – прилади та методи вимірювання
механічних величин

Актуальність теми. В умовах експлуатації вузлів обліку газу під час його транспортування та розподілу у вимірювальних трубопроводах може виникати змінна газодинамічна структура потоку, яка негативно впливає на точність вимірювання витрати методом змінного перепаду тиску.

Вплив змінної газодинамічної структури потоку на точність вимірювання витрати не є достатньо досліджений. Зокрема, що стосується вимірювань у галузі законодавчо-регульованої метрології, то сьогодні не сформовано досконалої нормативної бази для застосування і методу змінного перепаду тиску, і інших методів для вимірювання витрати газоподібних середовищ із змінною газодинамічною структурою потоку, зокрема при проведенні оцінки відповідності вузлів обліку газу вимогам Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки.

У дисертаційній роботі Костика І.В. вирішується завдання вимірювання витрати потоків із змінною газодинамічною структурою потоку, шляхом удосконалення методики оцінювання додаткових складових невизначеностей, які виникають внаслідок нестаціонарності потоку газоподібного середовища, а також внаслідок впливу конструктивних особливостей вимірювального трубопроводу. Вирішення поставленого завдання дає змогу усунути вище згадані додаткові складові невизначеності вимірювання витрати, а отже підвищити точність вимірювання витрати газоподібних середовищ та зменшити дисбаланси енергоносіїв на підприємствах. Тому актуальність завдання, яке вирішується у дисертаційній роботі Костика І.В., є незаперечною.

Зв'язок теми дисертації з науковими програмами і темами. Тематика досліджень дисертації Костика І.В. пов'язана із планом роботи кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету «Львівська політехніка» за напрямом «Вдосконалення і розробка елементів і підсистем збору та первинної обробки інформації в АСУ ТП».

Дослідження виконувались дисертантом в рамках держбюджетних та госпдоговірних тем, зокрема: «Підвищення точності обліку природного газу на автоматизованих газорозподільвальних станціях з підігрівом газу», ДБ/Підігрів (реєстраційний номер 0106U000028, 2006-2007 рр.); «Підвищення точності вимірювання витрати та кількості вологого нафтового газу», ДБ/ВНГ (реєстраційний номер 0108U000336, 2006-2007 рр.); Г/д № 1304 «Обстеження вузлів обліку природного газу в УМГ „Львівтрансгаз»; Г/д 0566 «Розроблення стандарту організації ПАТ „Укртрансгаз”, який регламентує вимоги щодо застосування витратомірів змінного перепаду тиску за умови невідповідності геометричних характеристик вимірювальних трубопроводів і діафрагм вимогам ДСТУ ГОСТ 8.586.1-5:2009».

Структура та зміст дисертаційної роботи. Основна частина роботи складається із п'яти розділів, у яких послідовно викладено суть вирішення задачі.

У розділі першому проведено аналіз сучасного стану досліджень застосування методу змінного перепаду тиску для вимірювання витрат газоподібних середовищ із змінною газодинамічною структурою. Зокрема проаналізовано наявні дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених, присвячених впливу нестаціонарності потоку середовища на точність вимірювання витрати газоподібних середовищ методом змінного перепаду тиску, а також впливу конструктивних характеристик вимірювальних трубопроводів вузлів обліку газу.

На основі проведеного аналізу сформовано основні цілі та задачі досліджень, яким присвячена дана дисертаційна робота, основною метою яких є підвищення точності вимірювання витрати газоподібних середовищ із змінною газодинамічною структурою потоку.

У другому розділі на основі вивчення фізичної суті методу змінного перепаду тиску, проаналізовано можливість застосування даного методу при вимірюванні витрати газоподібних середовищ в умовах нестаціонарного потоку. Наведено класифікацію режимів протікання нестаціонарного потоку та параметри, які характеризують ці режими. При аналізі технологічного режиму транспортування газоподібного середовища, дисертантом виокремлено та наведено основні причини виникнення нестаціонарності потоку. Узагальнено та класифіковано причини появи додаткових складових невизначеності, які виникають при вимірюванні витрати газоподібних середовищ в умовах нестаціонарного потоку.

Розділ третій присвячений дослідженню динамічних властивостей пневматичного каналу вимірювального перетворювача тиску та перепаду тиску, а

також додаткових складових невизначеностей, які виникають внаслідок вимірювання витрати газоподібних середовищ в умовах нестационарного потоку.

Зокрема розроблено нову математичну модель пневматичного каналу вимірювального перетворювача тиску та перепаду тиску, а також виконано експериментальне підтвердження її адекватності. Слід відзначити, що на основі розробленої математичної моделі пневматичного каналу, дисертантом виконано дослідження впливу резонансу на вимірюване значення тиску (перепаду тиску). За результатами досліджень встановлено, що при виникненні явища резонансу результат вимірювання тиску (перепаду) може бути завищеним в десятки разів, чим значно спотворювати результати вимірювання. Для уникнення резонансу, на основі результатів проведених досліджень розроблено рекомендаційні заходи, які необхідно враховувати під час проектування вузлів обліку газу.

В даному розділі також наведено ряд досліджень, на основі яких запропоновано удосконалити методику оцінювання додаткової складової невизначеності, яка виникає при вимірюванні витрати газоподібного середовища методом змінного перепаду тиску в умовах нестационарного потоку і яку необхідно враховувати в результатах вимірювання витрати, для підвищення їх достовірності.

В четвертому розділі проведено дослідження впливу виступів у внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу вузла обліку на точність вимірювання витрати, зокрема на значення коефіцієнта витікання стандартної діафрагми.

Для виконання досліджень дисертантом розроблено експериментальну витратовимірювальну установку. Всі конструктивні елементи та їх геометричні розміри були підтверджені у відповідності до вимог ДСТУ ГОСТ 8.586.1, 2:2009 за методикою МВУ 043/01-2011 в ДП "Львівстандартметрологія", акти відповідності представлено в додатках до дисертаційної роботи.

На основі проведених експериментальних досліджень, дисертантом запропоновано нові аналітичні залежності, які дозволяють виконати оцінку додаткової складової невизначеності коефіцієнта витікання стандартної діафрагми, яка виникає внаслідок впливу виступів у внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу.

Слід відзначити, що результати даних досліджень мають великий практичний зміст, оскільки показують, що в залежності від величини висоти виступів, а також їх відстані до стандартної діафрагми, значення невизначеності коефіцієнта витікання може бути як додатне, так і від'ємне, що в свою чергу може завищувати, або занижувати значення витрати. Також слід підкреслити, що запропоновані залежності дають можливість оцінювати величину невизначеності в залежності від величини висоти виступу у внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу, так і від відстані до стандартної діафрагми.

В п'ятому розділі дисертантом розроблено рекомендації, які дозволять підвищити точність вимірювання витрати газоподібного середовища із змінною газодинамічною структурою потоку методом змінного перепаду тиску. Зокрема запропоновано удосконалити рівняння комбінованої невизначеності вимірювання витрати шляхом введення додаткових складових невизначеності, які враховуватимуть вплив нестационарності потоку, а також вплив виступів у внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу. Також наведено рекомендації, які дозволяють уникнути резонансу в пневматичних каналах вимірювальних перетворювачів тиску та перепаду тиску.

Достовірність отриманих наукових результатів визначається їх теоретичним обґрунтуванням та підтвердженням результатами експериментальних досліджень на розробленій автором установці.

Наукова повизна дисертаційного дослідження та їх обґрунтованість полягає в наступному:

- за результатами аналізу фізичної суті процесу вимірювання витрати газоподібного середовища методом змінного перепаду тиску в умовах нестационарного потоку виявлено причини виникнення додаткових складових невизначеності вимірюваного значення витрати та виконано їх класифікацію, що дало можливість сформулювати підходи до оцінювання кожної з цих складових;

- отримано нову математичну модель пневматичного каналу вимірювального перетворювача тиску та перепаду тиску, яка дає можливість дослідити зміну тиску в камері перетворювача тиску та перепаду тиску під час нестационарного режиму потоку газоподібного середовища;

- отримано нові аналітичні залежності для обчислення додаткової невизначеності коефіцієнта витікання звужувального пристрою, яка зумовлена впливом виступів у внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу, що дають можливість здійснювати кількісну оцінку даної невизначеності в залежності від геометричних характеристик вимірювального трубопроводу, звужувального пристрою та висоти виступу;

- запропоновано удосконалене рівняння комбінованої невизначеності вимірювального значення витрати газоподібного середовища, шляхом введення додаткової складової невизначеності зумовленої нестационарністю потоку газоподібного середовища, та складової зумовленої виступами в внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу. Дане рівняння дозволяє виконувати оцінку невизначеності вимірювального значення витрати в реальних умовах експлуатації витратоміра змінного перепаду тиску.

Практична цінність отриманих результатів полягає в наступному:

- на основі проведеного аналізу та досліджень удосконалено методику оцінювання додаткової невизначеності, яка виникає при вимірюванні витрати газоподібного середовища методом змінного перепаду тиску в умовах нестационарного потоку;

- за умови лінеаризації математичної моделі пневматичного каналу, розроблено нові аналітичні залежності, які дозволяють проводити дослідження резонансу в пневматичних каналах вимірювальних перетворювачів тиску та перепаду тиску;

- розроблено експериментальну установку для підтвердження адекватності знайденої математичної моделі пневматичного каналу вимірювальних перетворювачів тиску та перепаду тиску. Дана експериментальна установка також дає можливість проводити дослідження динамічних характеристик пневматичного каналу;

- розроблено експериментальну витратовимірювальну установку для дослідження впливу конструктивних характеристик вимірювального трубопроводу на точність вимірювання витрати, зокрема для дослідження впливу виступів в внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу на значення коефіцієнта витікання стандартної діафрагми;

- використовуючи результати досліджень впливу нестационарності потоку, а також виступів у внутрішню порожнину вимірювального трубопроводу розроблено рекомендації, щодо зменшення додаткових складових невизначеності, які дають можливість підвищити точність вимірювання витрати газоподібних середовищ із змінною газодинамічною структурою методом змінного перепаду тиску.

Впровадження результатів дисертації Костика І.В. на практиці підтверджено відповідним актом, а також листом відгуком.

Автореферат повністю відтворює зміст дисертації і містить основні результати роботи, відомості про друковані праці автора, висновки.

Робота **апробована** на дванадцяти наукових міжнародних та всеукраїнських конференціях за напрямком досліджень. На всіх конференціях наукові положення та результати роботи, що доповідались автором, були сприйняті без принципових заперечень і отримали схвальні відгуки.

Повнота викладення результатів в опублікованих працях. За темою дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць (в тому числі 1 публікація у виданні, що включене до наукометричної бази даних Index Copernicus): 4 статті в

наукових фахових виданнях, 12 публікацій у матеріалах і тезах доповідей міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Крім позитивних сторін роботи виявлено деякі **недоліки**:

1. В першому розділі дисертаційної роботи не розглянуто вплив змінної газодинамічної структури потоку на інші методи вимірювання витрати газоподібного середовища. Вважаю, що було б інформативно порівняти вплив цих явищ на витратоміри змінного перепаду тиску та на витратоміри, які реалізують інші методи вимірювання.

2. В другому розділі наведено графіки зміни перепаду тиску (рис. 2.2 – рис. 2.5), які відповідають різним режимам протікання газоподібного середовища, однак не роз'яснено, як отримані ці величини та чим зумовлені діапазони зміни перепаду тиску кожної з величин. Крім того, в цьому підрозділі присутні елементи аналізу, які доцільно перенести в перший розділ, в якому автор наводить аналіз існуючого стану вимірювань витрати газоподібного середовища методом змінного перепаду тиску.

3. В третьому розділі математична модель каналу вимірювання тиску (3.23) отримана на основі характеристик вимірювального перетворювача тиску ППС.3-РН. Доцільно було б вказати, які удосконалення чи перетворення цієї моделі потрібно виконати, щоб застосувати її для моделювання динамічних процесів у каналі вимірювання тиску з вимірювальними перетворювачами інших типів.

4. В підрозділі 3.2 слід було б обґрунтувати вибір діапазону значень довжини та діаметра з'єднувальної трубки при дослідженні впливу явища резонансу на точність вимірювання витрати.

5. В підрозділі 4.1 дисертаційної роботи недостатньо обґрунтовано, чому дослідження впливу виступів виконано саме для ділянки вимірювального трубопроводу від 2D до 10D перед звужувальним пристроєм.

6. Для експериментальної витратовимірювальної установки, розробленої автором, доцільно провести калібрування із застосуванням еталонних лічильників з метою підтвердження адекватності розроблених математичних моделей та забезпечення простежуваності до державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газу ДЕТУ 03-01-15.

7. Автором упорядковано список літературних джерел у алфавітному порядку перших авторів, хоча, на мою думку, було б доцільно впорядкувати літературні джерела за порядком їх згадування в дисертаційній роботі.

Разом з тим, висловлені зауваження не знижують загальної наукової та практичної значимості роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок

1. Дисертаційна робота Костика Ігоря Володимировича є завершеною науковою роботою, в якій розв'язана науково-практична задача підвищення точності вимірювання витрати газоподібних середовищ із змінною газодинамічною структурою потоку методом змінного перепаду тиску.

2. Дисертаційна робота Костика Ігоря Володимировича «Вимірювання витрати газоподібних середовищ із змінною газодинамічною структурою потоку» виконана на достатньому фаховому рівні і відповідає паспорту спеціальності 05.11.01 – «Прилади та методи вимірювання механічних величин». Отримані результати відповідають критеріям наукової новизни, мають практичну цінність. За рівнем виконаних досліджень і значимістю отриманих результатів та їх опублікуванням дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р., щодо кандидатських дисертацій.

3. Автореферат повністю відповідає змісту дисертації, описує суть отриманих у дисертаційній роботі результатів та висновків і оформлений згідно діючих вимог.

4. Дисертаційна робота Костика Ігоря Володимировича відповідає встановленим вимогам, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.01 – «Прилади та методи вимірювання механічних величин».

Офіційний опонент

Старший науковий співробітник
ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»,
кандидат технічних наук

Бас О.А.

Підпис Баса О.А. засвідчую

Інженер I категорії відділу організаційного
кадрового забезпечення та контролю
ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»



Ніфантова О.В.