

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Пістуна Олега Ігоровича на тему
«Адаптивна система вимірювання кількості плинного енергоносія»
представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 15 –
«Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»

Актуальність теми дисертації

Підвищення енергоефективності та енергозбереження визначено пріоритетом державної політики України, зокрема під час повномасштабної визвольної війни. Важливою умовою досягнення цих цілей є точний облік енергоносіїв, що потребує використання автоматизованих систем вимірювання витрати та кількості плинних середовищ. Такі системи, побудовані із застосуванням мікропроцесорних обчислювачів, дають змогу реалізовувати складні алгоритми опрацювання сигналів та обчислення витрати плинного середовища і таким чином досягати необхідної точності. Однак унаслідок впливу параметрів вимірювального середовища характеристик окремих компонентів системи можуть змінюватися, що призводить до зміни метрологічних характеристик системи в цілому. Тому актуальним є розроблення адаптивних систем, які забезпечують ідентифікацію змін характеристик системи та реалізацію коректуючих впливів на результати вимірювання. В сучасних системах вимірювання витрати та кількості плинних середовищ широко застосовують лічильники. Їх перевагою у порівнянні з витратомірами є наявність великої бази даних про результати повірки, що дає можливість аналізувати вплив експлуатаційних чинників на їх метрологічні характеристики. Отже, науково-технічна задача дослідження впливу експлуатаційних факторів на метрологічні характеристики лічильників газу, розроблення математичних моделей процесів вимірювання витрати плинного середовища, розроблення алгоритмів діагностики та адаптації систем вимірювання до умов їх застосування, що вирішені у дисертаційній роботі є актуальними та сприятиме підвищенню точності вимірювання й надійності обліку енергоносіїв.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків дисертації зумовлені проведенням аналізом літературних джерел стосовно теми дисертації, застосуванням відомих методів математичного моделювання з використанням законів збереження кількості речовини та енергії, законів гідродинаміки, теорії подібності, числових методів розв'язування систем алгебраїчних та диференціальних рівнянь, методів апроксимації. Основні наукові результати отримані на основі опрацювання результатів експериментальних досліджень.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше розроблено аналітичні залежності похибки лічильників газу роторного та турбінного типів від відносного значення витрати газу, які дають можливість обчислити невилучену систематичну складову похибки вимірювання витрати газу за робочих умов для вимірюваного значення витрати газу.

2. Дістала подальший розвиток методологія регресійного аналізу результатів повірки лічильників газу для розроблення залежностей похибки лічильника від

облікованого об'єму газу, що дозволило розробити нові регресійні залежності похибки роторних лічильників газу як функції відносного облікованого об'єму газу, які дають змогу оцінити зміну основної похибки роторних лічильників газу за його облікованим об'ємом і, відповідно, сформулювати рекомендації про проведення позачергової метрологічної перевірки.

3. На основі рівнянь збереження маси та енергії, законів руху газу в газопроводі та рівняння стану газу розроблена математична модель теплообмінних процесів у довгому трубопроводі та лічильнику газу, що дало змогу виконати аналіз похибок вимірювання температури, витрати та об'єму газу за різних режимів потоку газу.

4. Розроблено передавальну функцію та різницеве рівняння коректувальної ланки для зменшення впливу інерційності термоперетворювача на вимірюване значення витрати та об'єму газу під час нестационарного (імпульсного) режиму відбору газу.

Отже, у дисертаційній роботі вирішено важливу науково-прикладну задачу – розроблені наукові засади створення автоматизованої адаптивної системи вимірювання кількості плинного енергоносія з врахування впливу експлуатаційних факторів з метою підвищення точності вимірювання кількості плинного енергоносія.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Пістуна Олега Ігоровича повністю відповідає вимогам Стандарту вищої освіти зі спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у формування нових знань та практик за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування».

Розглянувши звіт за результатами перевірки дисертаційної роботи на наявність запозичень, текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Пістуна Олега Ігоровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертаційного дослідження викладено логічно, послідовно та відповідно до вимог наукового стилю. Автор застосовує загальноприйнятну термінологію автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та суміжних галузей, що забезпечує зрозумілість тексту для фахівців у даній галузі. Виклад науково обґрунтований, структурований і відзначається чіткістю формулювань, що сприяє доступності сприйняття основних положень і висновків.

Дисертація складається зі вступу, п'ять розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 196 сторінок.

У вступі обґрунтовано вибір теми наукового дослідження та її актуальність, визначено мету, завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, відображено наукову новизну, практичне значення результатів, а також викладено відомості про апробацію роботи.

У першому розділі дисертації проаналізований стан розвитку автоматизованих систем вимірювання кількості плинного енергоносія, наведена класифікація методів і систем вимірювання витрати, особливості систем на основі витратомірів змінного перепаду тиску та лічильників, а також сформовано завдання дослідження.

У другому розділі опрацьовано експериментальні дані повірки роторних лічильників газу різних типорозмірів, розроблені регресійні та аналітичні залежності похибок від витрати й об'єму газу, встановлений факт наявності від'ємної невилученої систематичної похибки, що змінюється під час експлуатації, та отримано нові аналітичні залежності для її обчислення в робочих умовах.

У третьому розділі на основі результатів повірки турбінних лічильників газу типорозмірів ЛГ-К-80, ЛГ-К-100 і ЛГ-К-150 розроблені аналітичні залежності похибки від відносного значення витрати газу, виконано апроксимацію усереднених значень похибок, що дало змогу створити основу для алгоритмів коригування результатів вимірювання об'єму газу в автоматизованих системах.

У четвертому розділі розроблена математичну модель теплообміну в газопроводі та лічильнику газу з урахуванням ламінарного пристінного шару й динаміки потоку, досліджено вплив інерційності термоперетворювача на похибку вимірювання температури під час імпульсного режиму, а також запропоновано коректувальну ланку з передавальною функцією для зменшення цієї похибки.

У п'ятому розділі сформовано методологію розроблення адаптивної системи вимірювання витрати та об'єму плинного енергоносія, що передбачає використання аналітичних залежностей похибки лічильника для реалізації алгоритмів корекції вимірюваних значень, контролю прогресуючої похибки та зменшення впливу інерційності термоперетворювача. Розроблено алгоритми коректування вимірюваного значення витрати газу та алгоритм діагностики зміни основної похибки лічильника газу, що формує повідомлення про необхідність виконання позачергової повірки лічильника газу.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 друкованих працях, з них: 3 статі у наукових фахових виданнях України категорії Б, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; один патент на корисну модель; 6 публікацій у матеріалах конференцій, з яких 2 у виданнях, що індексовані в наукометричній базі SCOPUS; 4 тез доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях.

Наукові публікації здобувача виконані на належному науковому рівні із дотриманням принципів академічної доброчесності. У працях, що опубліковані у співавторстві, чітко визначено особистий внесок здобувача. Усі основні результати

роботи представлені на розгляд академічної спільноти, що підтверджується їх представленням у фахових виданнях України, а також на міжнародних конференціях, збірники яких індексовані у SCOPUS. Вони містять нові наукові результати, безпосередньо пов'язані з темою дисертації.

Таким чином, основні наукові результати викладені в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

У дисертаційній роботі виявлено такі недоліки та сформовано відповідні зауваження:

1. Очищення лічильників витрати від бруду перед їх повіркою не дає змогу врахувати додаткову систематичну похибку, яка обумовлена станом лічильника в робочих умовах
2. Потребує додаткових пояснень усереднення емпіричних даних шляхом розбиття масиву даних на п'ять інтервалів. Як зміняться параметри регресійної моделі при збільшенні кількості підінтервалів розбиття?
3. Доцільно було б навести вивід формули (с. 68) для обчислення середніх значень похибки вимірювань від облікового об'єму газу.
4. У результаті застосування МНК визначені лише оцінки $\hat{a}$ лінійної регресії. Очевидно, що істинне значення $\bar{a}$ параметрів моделі невідоме. Тому слід було б побудувати довірчі інтервали, які визначають область, яка із заданою ймовірністю вміщує істинне значення $\bar{a}$.
5. У формулі (4.5) необхідно вказати значення тиску в камері лічильника для того, щоб уважати газ ідеальним.
6. Не здійснена перевірка гіпотези про відповідність похибок вимірювань нормальному закону розподілу.
7. Не вказано посилання на джерело про динамічну властивість термоперетворювача як ланки першого порядку.
8. На с. 137 не уточнено у чому полягає спрощення методики розрахунку коефіцієнта теплопередачі.
9. На с. 158 автор вживає термін «невизначеність вимірювань», а по тексту дисертації вжито термін «похибки вимірювань».
10. При обчисленні інтегралу (с. 163) числовим методом вибраний метод прямокутників, який, у порівнянні з методами трапецій і Сімпсона, має найбільшу похибку обчислень.
11. За текстом дисертації зустрічаються певні неточності та промахи. На рис. 2.7 не вказана розмірність осі абсцис; с. 154 s - не оператор Лапласа, а комплексний аргумент у перетворення Лапласа; на с. 159 – немає формул (2) і (3), а на с. 161 – (5) і (6), на які зроблено посилання; формула (4.6) вміщує індекс «Г», а у формулі (4.7) – він відсутній.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

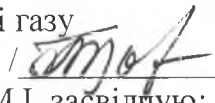
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Пістуна Олега Ігоровича на тему «Адаптивна система вимірювання кількості плинного енергоносія» виконана на високому науковому рівні відповідно до принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. Сукупність теоретичних та практичних результатів розв'язує науково-прикладну задачу, що має істотне значення для галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Пістун Олег Ігорович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Офіційний опонент:

Професор кафедри автоматизації
та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу
д.т.н., проф.

Підпис професора Горбійчука М.І. засвідчую:

 / Михайло ГОРБІЙЧУК

Вчений секретар КОЛІТУНГ,
д.т.н., проф.

М.П.



 Володимир ХОМИН

2025 року