ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., професора Середюка О.Є. на дисертаційну роботу

Стеценка Андрія Анатолійовича

«Удосконалення ультразвукового методу і засобів вимірювання витрати текучого середовища у закритих каналах»,

яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Досягнення енергетичної безпеки України зумовлює необхідність раціонального і ефективного використання енергетичних ресурсів, що, в свою чергу, формує підвищені вимоги до точності обліку енергоносіїв, в тому числі природного газу. Це потребує комплексного впровадження енергозберігаючих заходів, насамперед, оснащення всіх енергоспоживачів пристроями вимірювання і обліку енергоносіїв з урахуванням їх вартості, яка відповідає реальному споживанню. В цьому аспекті потребують розроблення і впровадження нові високоточні засоби витратовимірювальної техніки у сфері обліку природного газу і метрологічне забезпечення для їх практичного застосування. Крім того, потребують розвитку технічні і метрологічні аспекти при вимірюванні витрати рідких середовищ, в тому числі нафти і нафтопродуктів. З врахуванням того, що сучасні вітчизняні витратоміри і засоби обліку плинних середовищ практично реалізовані на декількох найбільш поширених методах вимірювання (метод змінного перепаду тиску, турбінні і ультразвукові витратоміри) удосконалення методів і засобів ультразвукового вимірювання витрати у поєднанні з розробленням їх метрологічного забезпечення є актуальною задачею, яка характеризує актуальність дисертаційної роботи і дозволяє підвищити точність та достовірність вимірювання витрати плинних середовищ у закритих каналах.

Наукова новизна роботи стосується розвитку методів і засобів вимірювання витрати плинних середовищ у закритих каналах при застосуванні ультразвукового сканування робочого середовища в трубопроводах.

Найвагомішими науковими результатами є наступні:

- удосконалено функцію перетворення часово-імпульсного ультразвукового вимірювального перетворювача швидкості плинних середовищ шляхом використання багаторазового відбиття сигналу і вдосконаленого алгоритму опрацювання результатів вимірювання, що дозволяє підвищити точність вимірювання витрати;
- вперше розроблено та апробовано метод калібрування ультразвукових витратомірів газу, який дає змогу шляхом комплексного використання експериментальних і імітаційних результатів дослідження збільшити діапазон вимірювання, який перевищує верхню межу робочого діапазону функціонування еталонних засобів, завдяки чому досягається збереження високої точності вимірювань ультразвуковими засобами;
- вперше розроблено метод оцінювання точності функціонування ультразвукового витратоміра в умовах спотвореної структури потоку та

Національний науковий центр "Інститут метрології"
22 06 2015 р.
вх.№ 2363

наявності різного роду місцевих опорів шляхом комплексного використання CFD-моделювання та експериментальних даних конкретного реального витратоміра, що є розвитком теорії метрологічних досліджень засобів вимірювань;

- отримав подальший розвиток метод опрацювання результатів вимірювань доплерівського ультразвукового витратоміра, який використовує основи нечіткої математики для оцінювання «центра тяжіння» спектра відбитого сигналу, що дозволяє шляхом використання декількох варіантів вторинного опрацювання результатів вимірювання підняти точність витратомірів.

Практична цінність отриманих автором результатів полягає у розробленні, апробації та впровадженні в експлуатацію ультразвукових витратомірів, які реалізують досліджені автором ефекти багатократного відбиття акустичного сигналу, а також використання в них двох і більше однотипних інформаційних каналів. Підтвердженням цього є проведення державних приймальних випробувань із внесенням до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки та налагодження серійного виробництва ультразвукових лічильників газу ГУВР-011 і ультразвукових витратомірів-лічильників рідини УВР-011 на підприємствах ПрАТ «Тахіон», ПрАТ «Енергооблік». Це дозволило впровадити розроблені ультразвукові витратоміри на підприємствах енергетичної, хімічної та нафтогазової промисловості як в Україні, так і за її межами.

Як практичну цінність слід відмітити розроблену методику визначення коефіцієнтів корекції ультразвукових витратомірів від числа Рейнольдса в умовах спотвореної структури потоку, що відкриває один із шляхів їх вдосконалення для підвищення точності вимірювання ультразвуковим методом.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій. Основні теоретичні положення роботи, які захищаються здобувачем, *обґрунтовані* та підтверджені коректним використанням основних положень теорії газо- і гідродинаміки, критеріїв гідродинамічної подібності потоків, ефекту Доплера в рухомих потоках, теорії вимірювального перетворення, методів математичного і імітаційного моделювання, в тому числі з використанням основ нечіткої математики, теорії похибок при вимірюваннях, а також великим обсягом результатів фізичного моделювання з використанням сучасних вимірювальних засобів із застосуванням теорії імовірності, статистичних методів і методів регресійного аналізу, в тому числі квадратурних формул Гауса, Чебишева, Вайлера при опрацюванні результатів експериментальних досліджень. Отримані автором наукові результати у відповідності до поставлених задач досліджень є логічними, не суперечать фундаментальним фізичним і математичним закономірностям, повністю відображають отримані автором результати, а також підтверджуються достатньою апробацією основних положень і висновків на науково-технічних конференціях.

Достовірність отриманих в роботі положень і наукових результатів підтверджується коректністю застосування системи припущень і формулювання умов досліджень при фізичному моделюванні процесів

ультразвукового сканування внутрішньої порожнини трубопроводу і при формуванні акустичних каналів вздовж внутрішньої поверхні труби, в тому числі із застосуванням «дельта-схеми» розташування електроакустичних перетворювачів. Достовірність отриманих результатів підтверджується малими значеннями розбіжностей між результатами математичного моделювання, експериментальних і метрологічних досліджень ультразвукових витратомірів, а також впровадженням в промислову експлуатацію розроблених витратомірів.

Рекомендації щодо використання результатів роботи. Розроблений автором вдосконалений метод і засоби вимірювання витрати плинних середовищ можуть бути використані у практичній діяльності підприємств, які займаються проектуванням і виготовленням витратомірів газу і рідини, а також у практичній діяльності підприємств, які здійснюють у своїй діяльності облік енергоносіїв.

Повнота викладу основних матеріалів в опублікованих працях. Результати наукових досліджень, які отримані автором, опубліковані у 8-ми основних наукових працях, в тому числі у фахових виданнях України 7, серед яких 5 включені до міжнародної наукометричної бази даних, і 1 в закордонному журналі (Росія), які достатньо ґрунтовно розкривають суть розв'язуваних наукових задач. Дисертаційна робота пройшла достатню апробацію, її основні положення доповідалися на більш ніж 50-ти міжнародних та національних науково-технічних та науково-практичних конференціях. Тому апробацію результатів дисертаційних досліджень можна вважати достатньою.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 126-ти найменувань і 7-ми додатків. Загальний обсяг дисертації складає 171 с., з яких основний зміст викладений на 144 сторінках друкованого тексту.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, задачі досліджень, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, відзначено наукову новизну та практичну цінність отриманих в роботі результатів, а також наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів досліджень і публікації щодо роботи.

У першому розділі проведений аналітичний огляд методів та засобів вимірювання витрати плинного середовища. При цьому акцентовано увагу на аналізі технічних і метрологічних характеристик і особливостях практичного застосування при вимірюванні витрати методом змінного перепаду тиску і методами електромагнітного, турбінного, термоанемометричного, вихорового і ультразвукового вимірювань. Здійснена постановка задачі для дисертаційних досліджень.

У другому розділі автором здійснений розвиток теоретичних засад удосконалення ультразвукового методу та вимірювальних перетворювачів на його базі для вимірювання плинних середовищ. При цьому проведені теоретичні дослідження часово-імпульсного ультразвукового методу вимірювання витрати і досліджені математичні моделі ультразвукових вимірювальних перетворювачів. Останні стосуються одноканального вимірювального перетворювача, перетворювача з хордовим розташуванням

акустичного каналу, двоканальних та багатоканальних ультразвукових перетворювачів. Ці дослідження дали можливість розробити підходи для підвищення точності вимірювань витрати ультразвуковими засобами. Також в цьому розділі викладена суть розробленого методу визначення «центру тяжіння» доплерівського спектра ультразвукового вимірювання витрати, що дозволяє шляхом використання декількох варіантів вторинного опрацювання результатів вимірювання підняти точність витратомірів.

Третій розділ присвячений висвітленню результатів експериментальних досліджень ультразвукових перетворювачів витрати плинних середовищ. В ньому наведені метрологічні і технічні характеристики розроблених автоматизованих повірочних установок для рідини і газу. Подані методологія і результати метрологічних досліджень одно-, дво- і багатоканальних витратомірів, а також допплерівських витратомірів. Висвітлені результати метрологічних досліджень ультразвукових витратомірів газу на різних робочих середовищах і оцінена різниця їх показів. Сформульовані рекомендації щодо практичного застосування розроблених витратомірів.

Четвертий розділ присвячений розробленню методу оцінювання точності ультразвукових витратомірів та методу їх калібрування. При цьому розроблена методологія забезпечує калібрування ультразвукових витратомірів в діапазоні витрат, що перевищує верхню границю діапазону витратовимірювальних установок. Викладена суть запропонованого методу оцінювання точності ультразвукових витратомірів в умовах спотвореної структури потоку на основі CFD-моделювання та експериментальних даних і розглянуто аспекти його практичного застосування для дослідження похибки витратомірів в експлуатаційних умовах.

У висновках сформульовані основні результати виконаних досліджень.

У додатках подано результати впровадження дисертаційних досліджень, а також інформативно-довідкові матеріали щодо класифікації витратомірів, фізичних властивостей плинних середовищ і особливостей розповсюдження ультразвуку в них. Наведені технічні і метрологічні характеристики розроблених повірочних установок і розроблених витратомірів. Подані також дані щодо виконаних первинних та періодичних повірок витратомірів типу УВР-011 і наведені результати оцінки відхилень коефіцієнтів калібрування ультразвукових витратомірів.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертацій. Дисертаційна робота написана загальноприйнятою науковою мовою із використанням сучасної правильної української наукової термінології. Робота виконана на належному науковому рівні, є завершеною науковою працею, має практичне значення та відображає рішення актуальної науково-прикладної задачі підвищення якості обліку енергетичних ресурсів шляхом удосконалення методу і засобів вимірювання витрати плинних середовищ у закритих каналах при застосуванні ультразвукового сканування робочого середовища в трубопроводах. Оформлення дисертації в цілому відповідає темі досліджень і вимогам пунктів 13 та 14 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» вимогам ДАК МОН України, а

також паспорту спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Відповідність автореферату змісту дисертації. Автореферат в загальному написаний відповідно до вимог Департаменту акредитації кадрів МОН України до авторефератів. Він містить всі 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.

Зауваження до дисертаційної роботи і автореферату.

1. Результати моделювання щодо вибору довжини акустичного каналу при багаторазовому відбиванні необхідно було доповнити критерієм оптимізації щодо доцільної або необхідної кількості відбивань.
2. Наведені за результатами досліджень графіки на рис. 2.5 і 2.6 є недостатньо інформативними, оскільки не містять числових значень і в роботі відсутні формули для розрахунку кількісних значень похибок, які ілюструються на цих рисунках.
3. Формула 2.38 є неправильною, оскільки суперечить основним поняттям теорії похибок.
4. Метод визначення «центру тяжіння» (розділ 2.2) носить описовий характер без конкретизації до умов експлуатації ультразвукового витратоміра, внаслідок чого є необґрунтованим висновок про підняття точності вимірювання витрати з врахуванням цього методу до двох разів (стор. 77).
5. Відсутні складові похибок розроблених за участю автора еталонних установок і методики їх розрахунку (розділ 3.1).
6. Не поясненим є поняття чутливості ультразвукових витратомірів, оскільки воно не є нормовано термінологічно.
7. Відсутні алгоритми розрахунку похибки, середньоквадратичного відхилення, «невизначеності повірки» (термінологія автора) при експериментальних дослідженнях метрологічних характеристик витратоміра ГУВР-011, які відрізняються за знаком і по кількісному значенню майже в 5 разів. Тому питання: яка метрологічна характеристика об’єктивно оцінює витратомір при його метрологічному порівнянні з іншими аналогічними засобами?
8. В роботі не розглянуті додаткові складові похибок ультразвукових витратомірів, наприклад, від температури і тиску робочого середовища і моделі їх появи.
9. Дисертація містить ряд неточностей в її оформленні:

9.1 Формулювання завдань, наукової новизни і практичного значення роботи не є ідентичними в дисертації і тексті автореферату, оскільки містять стилістичні і оформлювальні розбіжності.

9.2 Формулювання особистого внеску автора не відображає всіх пунктів наукової новизни роботи, наприклад, щодо методології калібрування (пункт 1 наукової новизни).

9.3 При аналізі методу змінного перепаду тиску і методу вимірювання витрати за швидкістю в одній точці не конкретизовані чинні діючі

національні стандарти, а є посилання на застарілі і відмінені нормативні документи.

9.4 Кількість наукометричних публікацій вказана завищеною, оскільки література за переліком 1 і 2 автореферату не є наукометричною.

9.5 Відсутні посилання на авторські статті в розділі 2.1, а також не на всі авторські фахові статті зроблені посилання по тексту дисертації.

9.6 В авторефераті необхідно було конкретизувати назви і авторів основних публікацій за матеріалами апробації роботи на наукових конференціях.

9.7 Робота містить ряд русизмів: «текуче середовище», «достоінство», «висновки по розділу».

Висновок про відповідність дисертації вимогам ДАК Міністерства освіти і науки України

Дисертаційна робота Стеценка А.А. є завершеним науковим дослідженням, в якому отримані суттєві нові наукові і практичні результати, що дозволяють розв'язати науково-прикладне завдання удосконалення ультразвукового методу вимірювання витрати плинних середовищ і створення на його основі витратомірів з покращеними метрологічними характеристиками за умов спотвореної структури потоку.

Мета роботи, поставлені та розв'язані в ній завдання досліджень, викладені основні наукові результати дають можливість зробити висновок про те, що дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Вказані зауваження не стосуються основних наукових положень дисертації і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи та на її наукову цінність.

Вважаю, що дисертаційна робота **Стеценка Андрія Анатолійовича «Удосконалення ультразвукового методу і засобів вимірювання витрати текучого середовища у закритих каналах»,** за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю отриманих в ній результатів досліджень і рівнем виконання відповідає вимогам Департаменту акредитації кадрів Міністерства освіти і науки України, що ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент:
Професор кафедри «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (ІФНТУНГ), докт. техн. наук, професор О.Є. Середюк

17.06.2015р.

Підпис О.Є. Середюка засвідчую:
Вчений секретар ІФНТУНГ В.Р. Процюк