

Приладовий комплекс реєстрації об'єму та об'ємної витрати газу

І.В. Коробко • О.О. Драчук

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Received: 06 October 2018 / Accepted: 19 November 2018

***Анотація.** Підвищення точності та надійності реєстрації природного газу є нагальною проблемою сьогодення. У статті запропоновано підвищити достовірність вимірювання об'єму і об'ємної витрати газозафазних середовищ у широкому діапазоні плинності середовища шляхом побудови приладного комплексу із декількома засобами вимірювальної техніки, що базуються на різних принципах дії.*

Наведені результати досліджень роботи комплексу вимірювання витрати і кількості природного газу та оцінювання ступені обопільного впливу параметрів конструкції на метрологічні характеристики комплексу в цілому. Особлива увага приділена визначенню локального місця розміщення серійних засобів вимірювальної техніки по протяжності приладового комплексу, що забезпечує мінімальну втрату енергії потоку газового середовища і високу точність реєстрації його об'єму та об'ємної витрати.

Знаходження оптимальної геометричної просторової форми вузла вимірювання при комплексному застосуванні перетворювачів витрати, що базуються на різних фізичних методах вимірювання, забезпечить високу точність і надійність вимірювань у широкому діапазоні при мінімізації втрати тиску і вартості приладів.

***Ключові слова:** вимірювання, витрата, профіль швидкості, газ, точність, достовірність.*

Вступ. Постановка проблеми

Останнім часом виникає гостра необхідність реєстрації паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у широкому діапазоні витрати за різної динаміки їх протікання – від сталих до швидкозмінних потоків, як у часі, так і за величиною. Це окреслює нагальну необхідність створення нових та удосконалення існуючих приладів і систем визначення витрати ПЕР із високими метрологічними та експлуатаційними характеристиками. Не менше актуальною є також задача визначення локального місця розміщення перетворювачів витрати на вимірювальній ділянці з метою забезпечення мінімального обопільного впливу вимірюваного потоку та приладу.

Постановка задачі

При створенні сучасних систем реєстрації рідин і газів постає задача побудови вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ), а також визначення локального місця їх розміщення по протяжності технологічної мережі. Це постає головною метою забезпечення вимірювань із високою точністю, повторюваністю та надійністю.

Важливою і актуальною задачею при обліку природного газу є розширення діапазону вимірювання об'єму та об'ємної витрати при одночасному забезпеченні надійності та достовірності результатів реєстрації [1].

Підвищення точності та надійності визначення об'єму та об'ємної витрати газу

Одним із напрямків підвищення точності вимірювання є структурні методи, які забезпечують високу достовірність, точність і повторюваність результатів вимірювань із застосуванням серійно випускаємих приладів. Необхідні точність і надійність досягаються шляхом опрацювання надлишкової інформації за розробленими спеціальними алгоритмами, чим забезпечується самодіагностика складових елементів і комплексу в цілому.

Для розв'язання наведених вище проблем розроблено приладовий комплекс реєстрації об'єму та об'ємної витрати газу на підґрунті різних фізичних методів вимірювання [2, 3, 4]. Такий комплекс побудовано із застосуванням ВПВ турбінного (Т) та ультразвукового (УЗ) класів і профілюванням вимірювального тракту із просторовою геометричною формою у вигляді труби Вентурі (рис. 1).

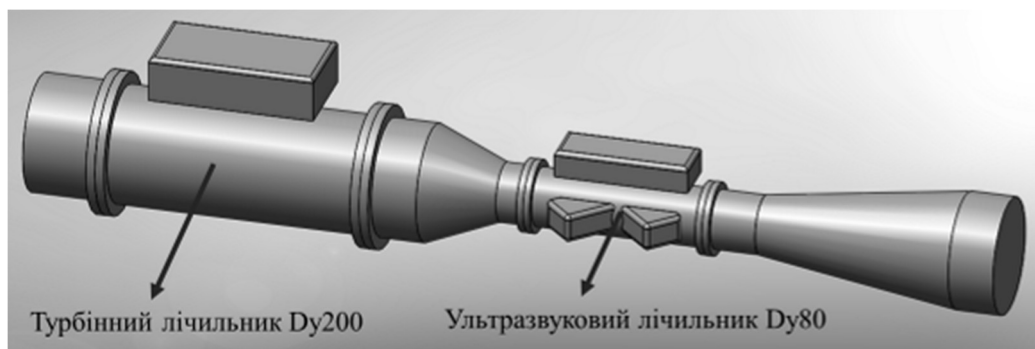


Рис. 1. Схема вимірювального комплексу

При побудові вимірювального комплексу важливе значення є створення найбільш сприятливих умов обопільної дії потоку вимірюваного середовища і елементів застосовуваних приладів. Особливо це важливо для ультразвукових засобів вимірювання, для яких значущим є формування рівномірного розподілу швидкості по поперечному перерізі [5]. З цією метою для дослідження запропоновано декілька схем компоновки комплексу [6]: звуження у вигляді конфузора із розміщенням турбінного лічильника до звуження (рис.2,а) і після дифузора (рис.2, б), звуження у вигляді сопла Вітошинського із розміщенням турбінного лічильника до звуження (рис. 2, в) і після розширення (рис. 2, г).

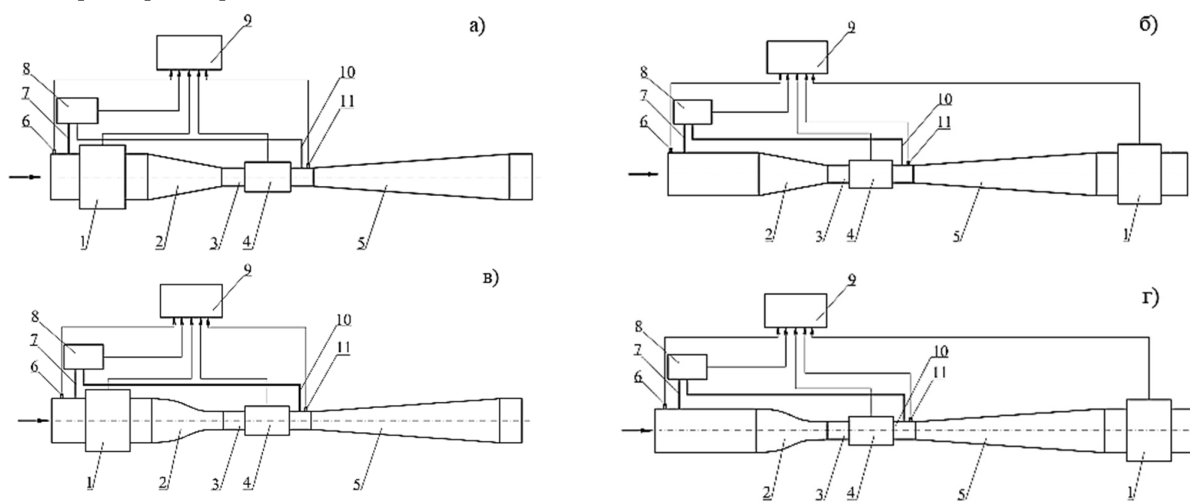


Рис. 2. Схеми вимірювального комплексу

1 - турбінний витратомір, 2- пристрій звуження потоку (у вигляді конфузора (а , б), у вигляді сопла Вітошинського (в, г)), 3 - пряма ділянка, 4 - ультразвуковий витратомір, 5 - пристрій розширення потоку у вигляді дифузора, 6 - датчик тиску, 7 та 10 - імпульсні трубки, 8 - диференційний манометр, 9 - блок обробки вимірюваної інформації, 11 - датчик температури.

Запропонований приладний комплекс із застосуванням різних засобів вимірювання має розширений діапазон реєстрації об'єму та об'ємної витрати газу до 1662 (1,6 – 2500 м³ /год). При цьому, точність вимірювання не нижче заявленої виробниками засобів вимірювання, які є складовими комплексу (рис.3).

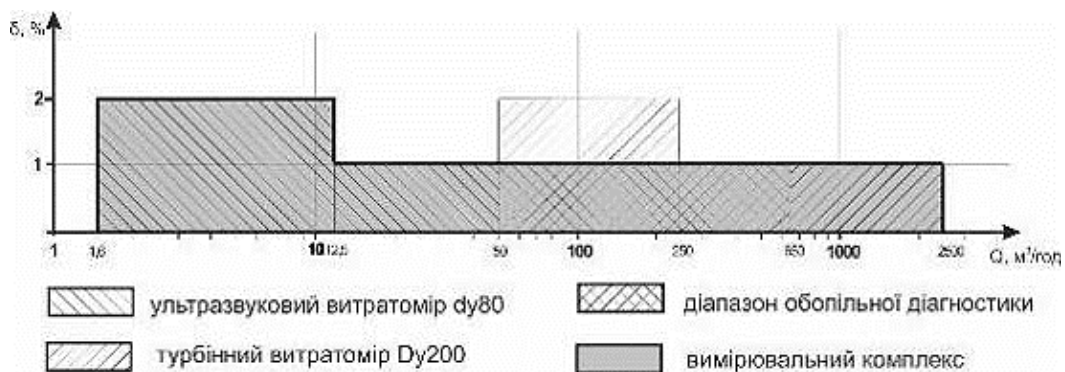


Рис. 3. Межі похибки вимірювального комплексу

Локальне місце розташування вимірювальних перетворювачів витрати газу

Математичний опис гідромеханічних процесів базується на відомих загальних рівняннях руху суцільного середовища із використанням експериментальних значень коефіцієнтів гідродинамічних сил. Трансформація таких рівнянь і виразів гідродинаміки до задач створення та дослідження роботи перетворювачів витрати має свої відмінності, які обумовлені принципом дії, конструктивними особливостями та режимами роботи приладів.

Сучасний розвиток інформаційних технологій дозволяє з високою ефективністю здійснювати проводити дослідження за допомогою системи *CAD/CAE*. Однією з таких систем є програмне середовище *ANSYS CFX*, що створює можливість з високою ймовірністю визначити проєкції векторів швидкостей в дискретних точках потоків, як за поперечним перерізом, так і по довжині потоків [7, 8].

Дослідження приладового комплексу проводилися за таких вихідних умов:

$$Q_{min} = 1,6 \text{ м}^3 / \text{год} (0,44 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}); Q_{max} = 2500 \text{ м}^3 / \text{год} (0,69 \text{ м}^3 / \text{с}); P = 0,3 \text{ МПа}; \rho = 0,68 \text{ кг} / \text{м}^3; \text{ (рис. 4 - 8).}$$

Основними задачами досліджень було створення максимально однорідної гідродинамічної картини течії на вході засобів вимірювання, особливо УЗ та визначення впливу конфігурації вузла обліку на втрату тиску у потоці і точності реєстрації об'єму та об'ємної витрати[9].

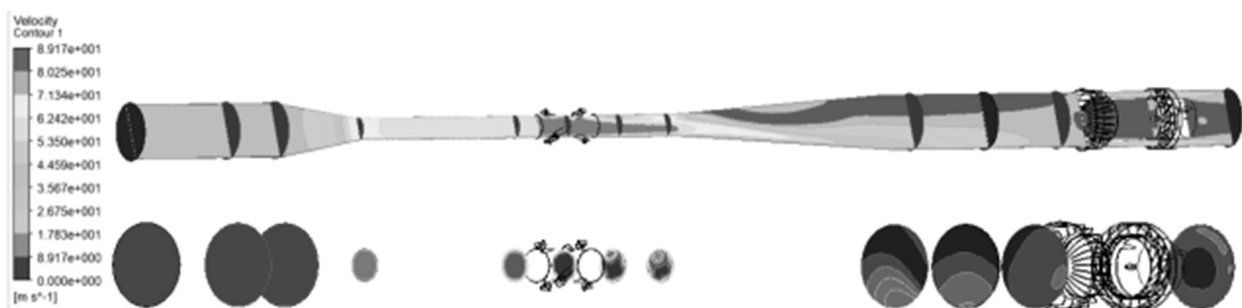


Рис. 4. Звуження у вигляді конфузора, ТВПВ розміщений після УЗВПВ

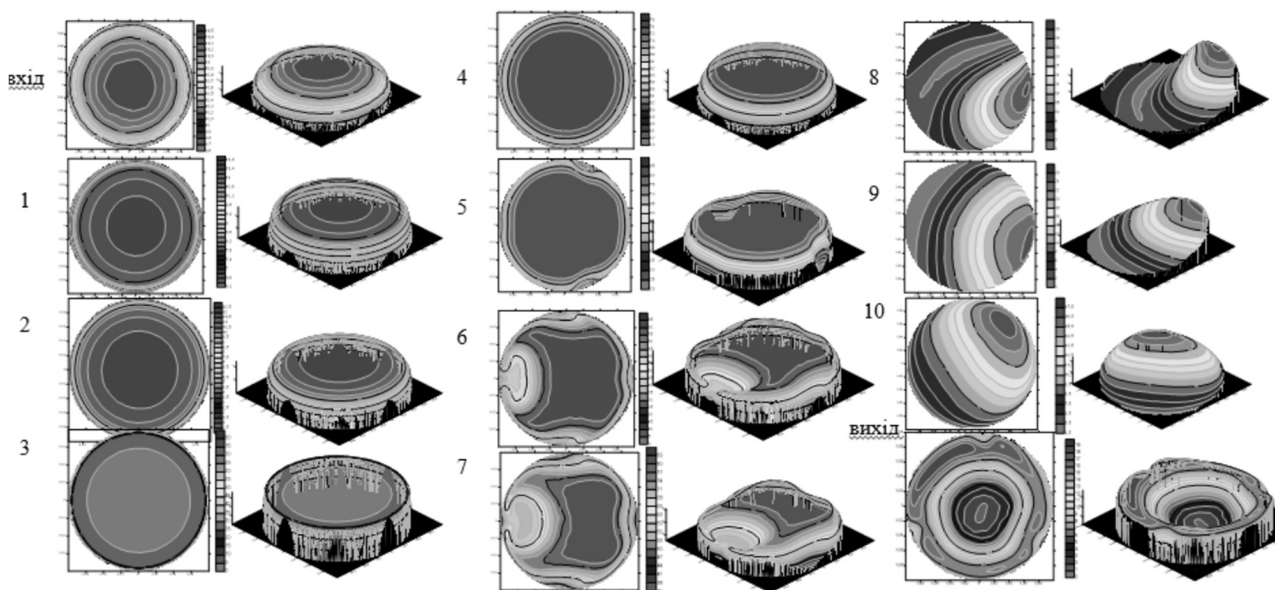


Рис. 5. Ізографи в перерізах комплексу при звуженні у вигляді конфузора, ТВПВ розміщений після УЗВПВ



Рис. 6. Звуження у вигляді сопла Вітошинського, ТВПВ розміщений після УЗВТВ

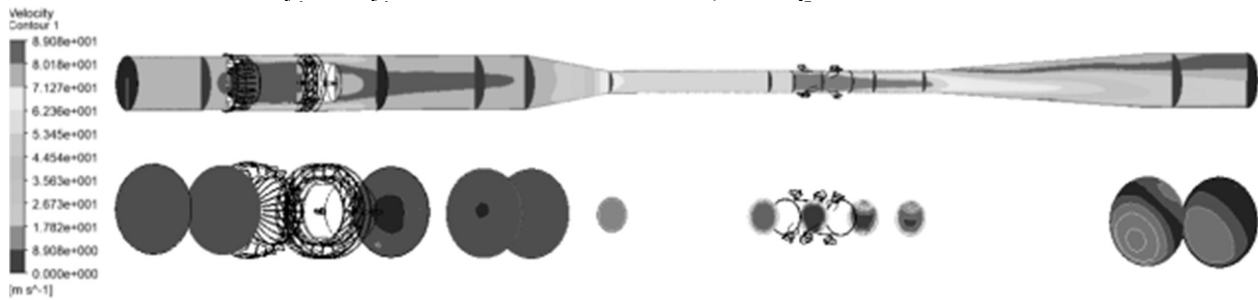


Рис. 7. Звуження у вигляді конфузора, ТВПВ розміщений до УЗВТВ

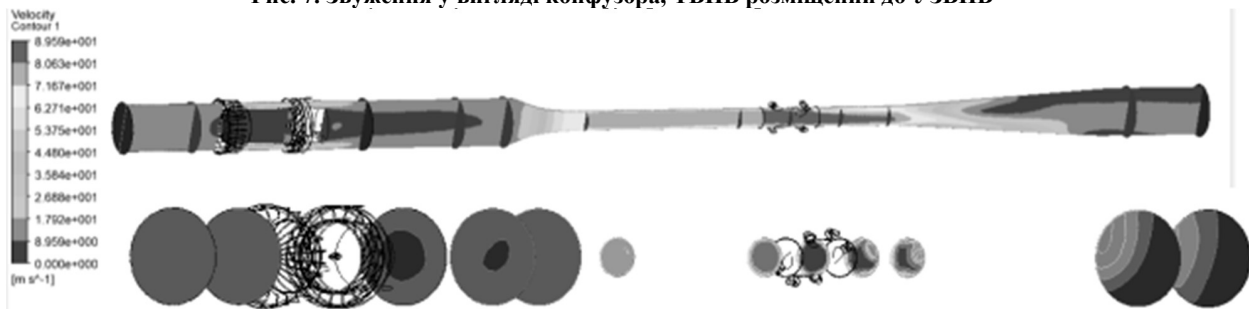


Рис. 8. Звуження у вигляді сопла Вітошинського, ТВПВ розміщений після УЗВТВ

Аналіз отриманих результатів показує, що за умови розміщення ТВПВ після дифузора втрата тиску на комплексі у всьому діапазоні витрати буде меншою про розміщенні ТВПВ на вході комплексу (рис. 9 – 10).

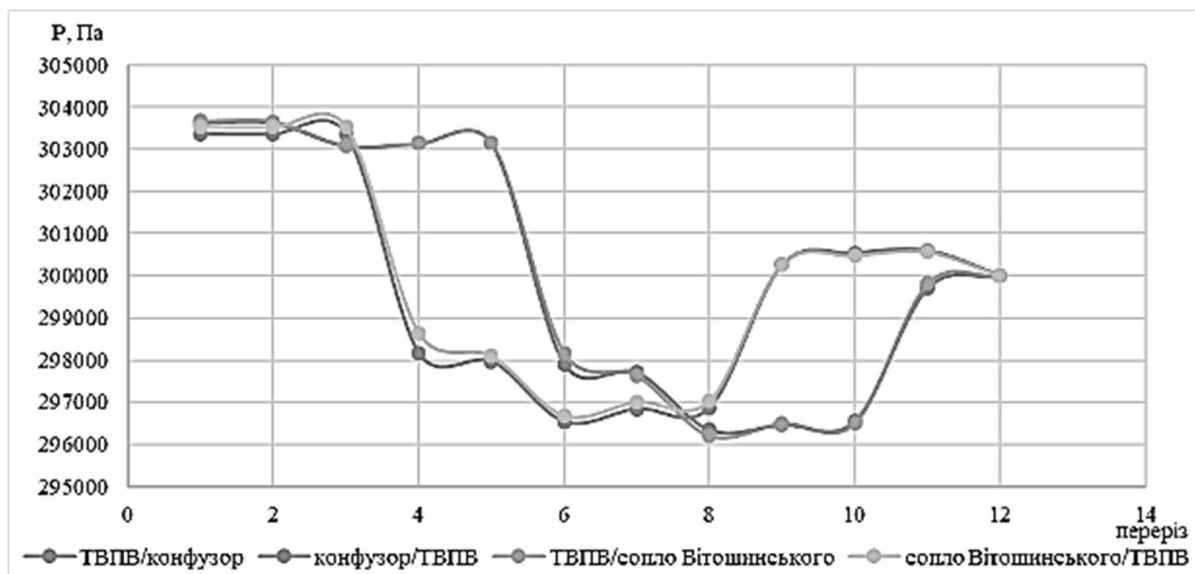


Рис. 9. Тиск у перерізах вимірювального комплексу за номінальної витрати

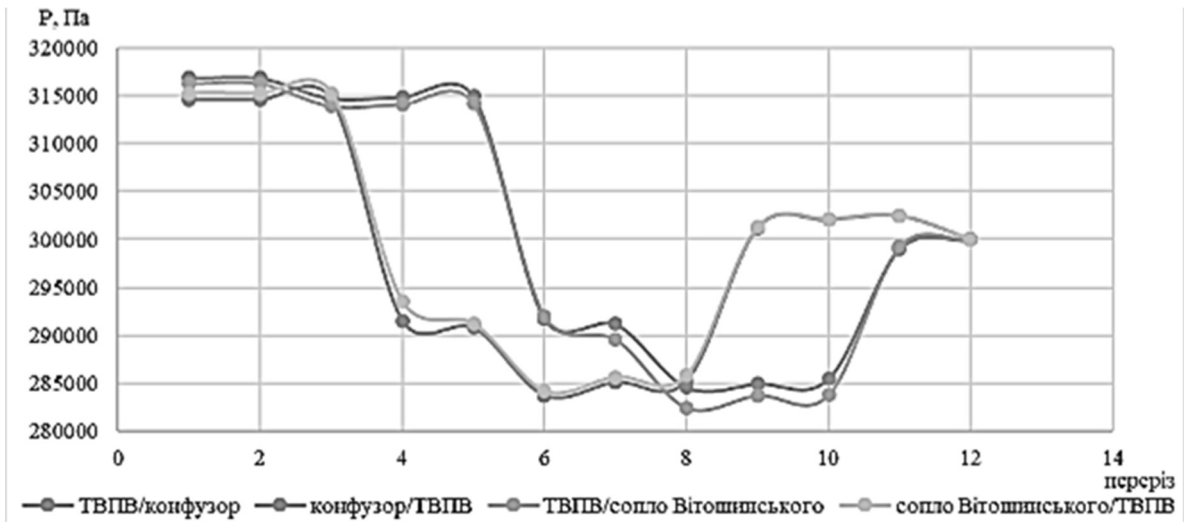


Рис. 10. Тиск у перерізах вимірювального комплексу за максимальної витрати

Для аргументації доцільного локального місця розташування ТРВПВ проведені дослідження характеру плинку вимірюваного середовища по його тракту (рис. 11 -12).

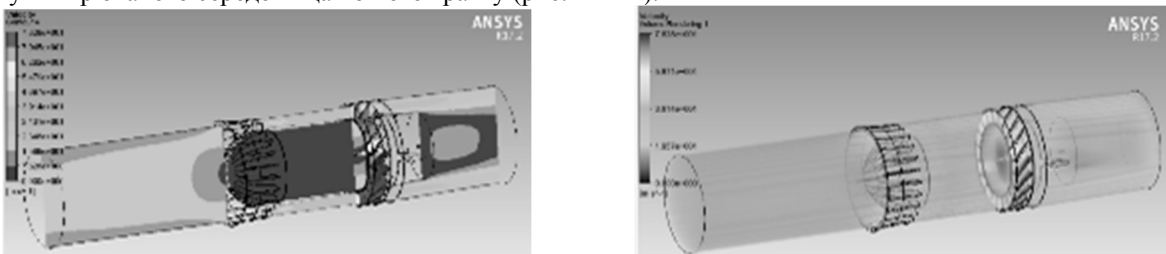


Рис.11. Приклад відображення результату проливу кожного з витратомірів

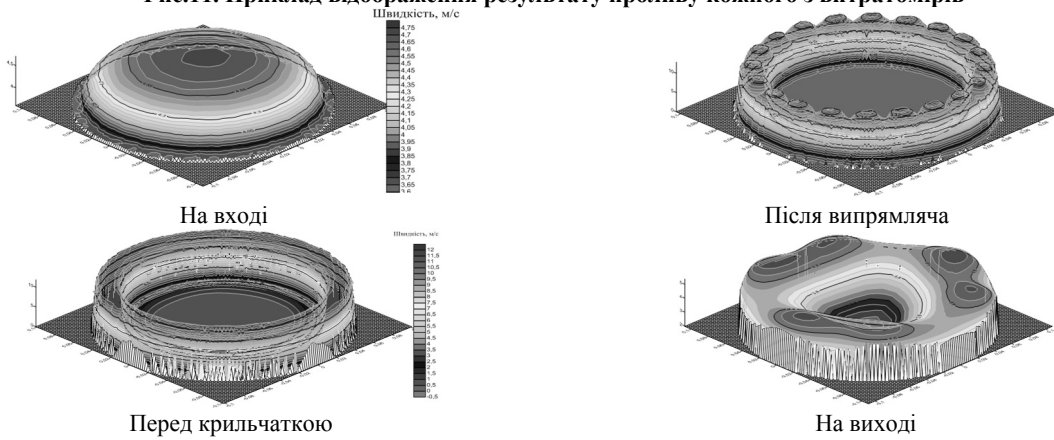


Рис. 12. Розподіл швидкості потоку вимірюваного середовища в перерізах ТВПВ

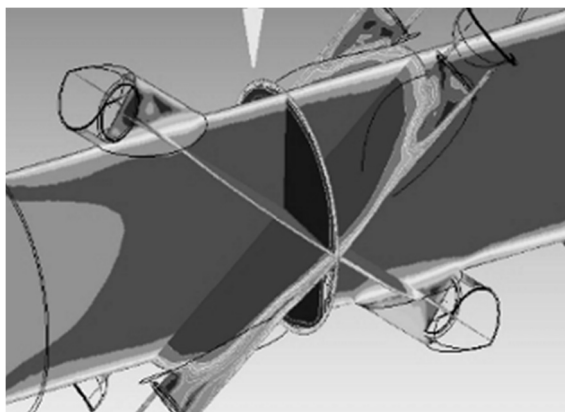
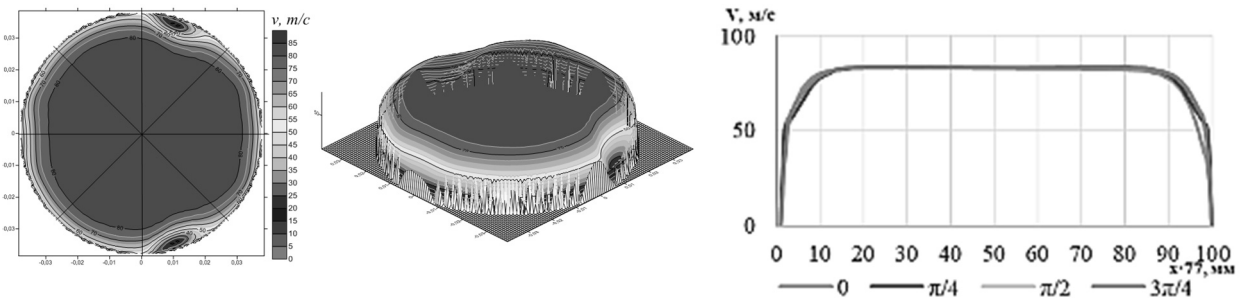


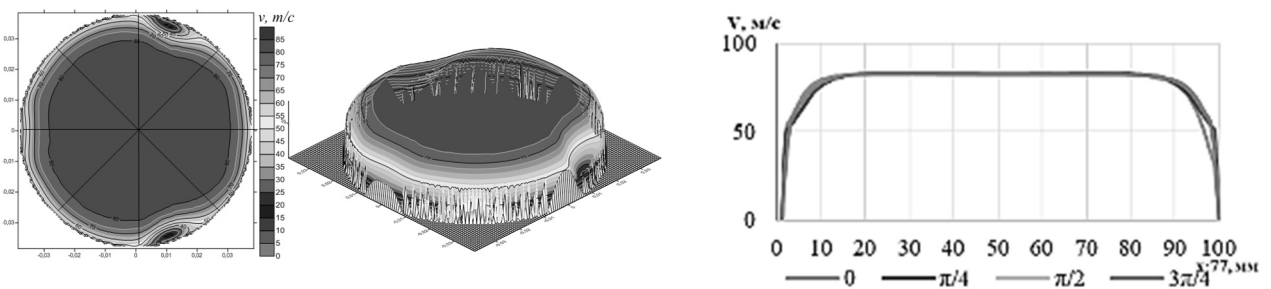
Рис. 13. Переріз УЗВПВ, в якому проводиться дослідження рівномірності розподілення потоку за різних схем вимірювального комплексу

Важливим параметром, який має значний вплив на метрологічні характеристики УЗВПВ, є рівномірність розподілу швидкості потоку в зоні акустичних каналів (рис.13 - 16) [10, 11].

Після звуження у вигляді конфузора



Після звуження у вигляді сопла Вітошинського



Ідеальний профіль на вході УЗВПВ

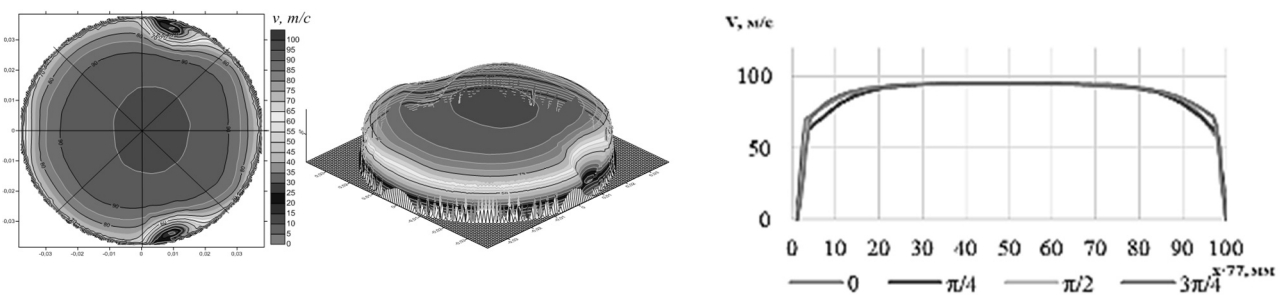


Рис. 14. Профілі швидкостей в досліджуваному перерізі УЗВПВ при звуженні у вигляді конфузора, сопла Вітошинського та без звуження

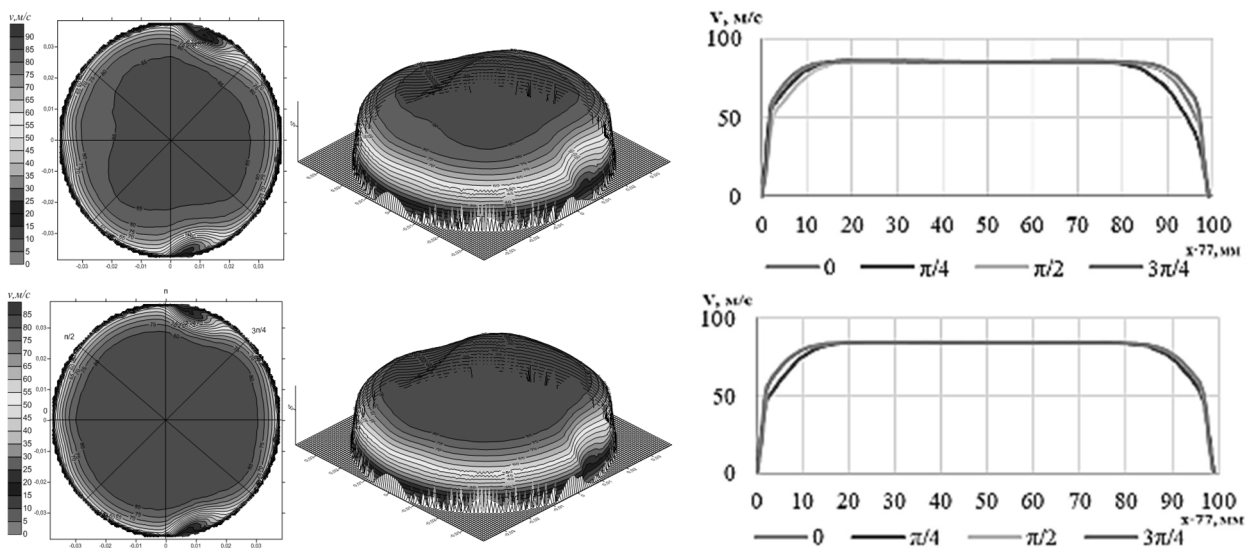


Рис. 15. Профілі швидкостей в досліджуваному перерізі УЗВПВ при розміщенні ТВПВ до та після звуження

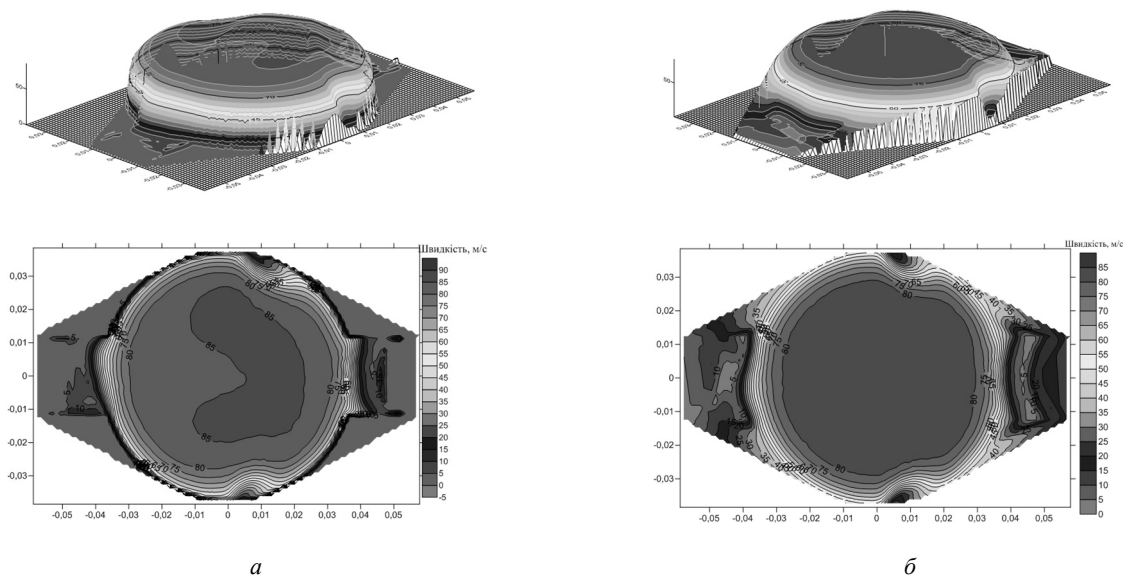


Рис. 16. Профілі швидкостей по акустичним каналам УЗВПВ при розміщенні ТВПВ а) до звуження; б) після звуження

Як показали дослідження, симетричність потоку у зоні акустичних каналів, при більших витратах краща при розміщенні ТВПВ після звуження, але при витратах, що є в діапазоні роботи УЗ симетричність потоку і відповідно точність, вищі при розміщенні ТВПВ до УЗВПВ (рис. 17).

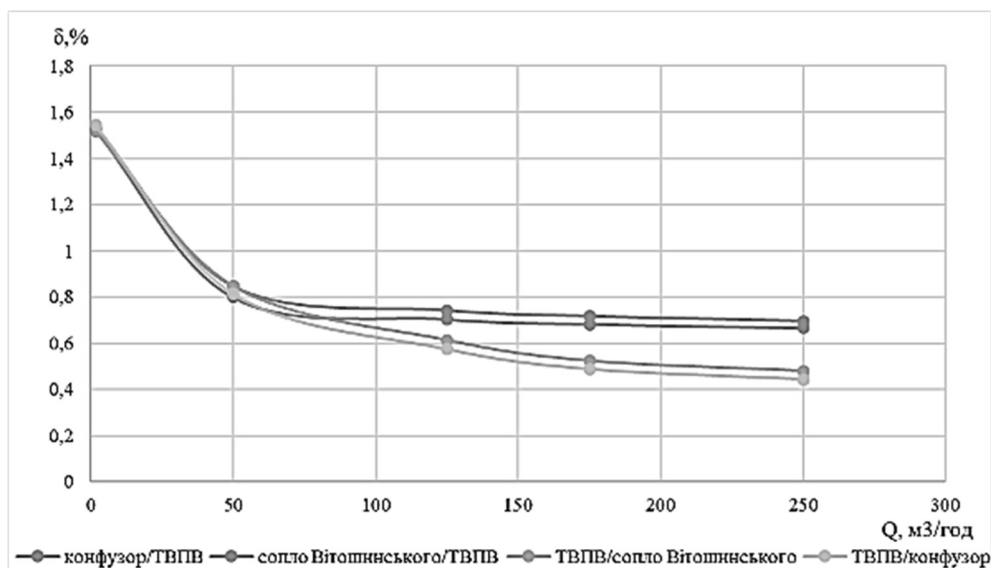


Рис. 17. Відносна похибка УЗВПВ при різних схемах реалізації комплексу вимірювання

Висновки

Розроблений приладовий вимірювальний комплекс дозволяє:

а) розширити діапазон вимірювання до 1562/1 із величиною похибки, що не перевищує точність вимірювання за величини номінальних витрат для кожного класу приладів;

б) застосування приладів на базі різних фізичних методів вимірювання : ультразвуковий, швидкісний та звужуючий пристрій надає можливість отримувати надлишкову інформацію, що створює передумови організації обопільної діагностики приладів;

в) знаходження оптимальної геометрії просторової форми вузла вимірювання шляхом використання у вхідній (конфузорній) частині сопла Вітошинського створює симетрію розподілу швидкості по поперечному перерізі безпосередньо перед входом до ультразвукового лічильника газу, що забезпечує високу точність вимірювання.

Подальші дослідження будуть направлені на оцінювання застосування вимірювального комплексу із розширеними функціями самодіагностики та захисту вихідної інформації засобу вимірювання від завад.

Приборный комплекс регистрации объема и объемного расхода газа

И.В. Коробко, О.А. Драчук

Аннотация. Повышение точности и надежности регистрации природного газа – актуальная проблема современности. В статье предложено повышать достоверность измерения объема и объемного расхода газозафазных сред в широком диапазоне потока путем создания комплекса из нескольких средств измерительной техники разного принципа действия. Структурные методы, с помощью которых может быть выбрана наиболее рациональная структура прибора и комплекса, обеспечивают, по возможности, уменьшение влияния отдельных элементов на погрешность выходного сигнала прибора.

Наведены результаты исследования работы комплекса измерения расхода и количества природного газа, а также оценка обоюдного влияния параметров конструкции на метрологические характеристики комплекса в целом. Особое внимание уделено определению локального места расположения серийных средств измерительной техники по протяженности приборного комплекса, что обеспечивает минимальную потерю энергии потока газовой среды и высокую точность регистрации его объема и объемного расхода.

Определение оптимальной пространственной формы узла измерения при комплексном использовании преобразователей расхода, основаны на разных физических методах измерения, обеспечит высокую точность и надежность измерений в широком диапазоне при минимизации потерь давления и стоимости приборов.

Ключевые слова: измерение, расход, профиль скорости, газ, точность, достоверность

Gas volume and flow-rate measuring complex

I.V. Korobko, O.O. Drachuk

Abstract. Nowadays increasing the accuracy and reliability of measuring natural gas flow-rate is an urgent problem. In article is offered to increase the reliability of measuring the gas volume and flow-rate in a wide range of flow-rates by constructing a measuring complex with a few measuring devices based on different principles of action.

The most rational structure of the device or complex with reduction the influence of elements on the output error signal can be selected by structural methods.

The results of investigation of the natural gas flow-rate measuring complex and evaluation the level of mutual influence of the design parameters on the metrological characteristics of the whole complex are given. Particular attention is paid to determining the definite location of serial measuring devices along the length of the instrumentation system, which provides a minimum loss of gas flow energy and high accuracy of measuring its volume and volume rate.

The optimal dimensional geometric form of the measurement node in measuring complex with different physical types of primary transducers will provide high accuracy and reliability of measurement in a wide range with minimization of pressure loss and flowmeters price.

Keywords: measurement, flow-rate, velocity profile, gas, accuracy, reliability.

References

1. Коробко, І.В. Приладовий комплекс вимірювання витрати та кількості природного газу на підґрунті різних фізичних методів вимірювання / І.В. Коробко, О.О. Драчук, В.А. Коваленко // Методи та прилади контролю якості: науково-технічний журнал №2(33), 2014.- Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - 2014. – С. 66-78.
2. Патент України на корисну модель № 99877, МПК(2015) G01F 1/00. Комплекс вимірювання витрати природного газу / І.В. Коробко; Я.М. Власюк, О.О. Драчук; В.А. Коваленко; Заявник і власник патенту Коробко І. В., Власюк Я.М., Драчук О.О., Коваленко В. А. – № u201500566; заявл. 23.01.2015; опубл. 25.06.2015, Бюл. № 12. - 4 с.:іл.
3. Патент України на винахід № 113092, МПК (2006.01) G01F 1/05, G01F 1/34, G01F 1/66, G01F 15/04. Комплекс вимірювання витрати газу з потрійною системою реєстрації / І.В. Коробко; Я.М. Власюк, О.О. Драчук; В.А. Коваленко; Заявник і власник патенту : Коробко І. В., Власюк Я.М., Драчук О.О., Коваленко В. А. – № a2015 00567; заявл. 23.01.2015; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23. - 4 с.:іл.
4. Патент України на винахід № 113091, МПК (2006.01) G01F 1/05, G01F 1/34, G01F 1/66, G01F 15/04. Комплекс вимірювання витрати газу з потрійною системою реєстрації і формувачем потоку / І.В. Коробко; О.О. Драчук; В.А. Коваленко, А.М. Рак; Заявник і власник патенту : Коробко І. В., Драчук О.О., Коваленко В. А., Рак А.М. – № a2015 00564; заявл. 23.01.2015; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23. - 4 с.:іл.
5. Коробко І.В. Дослідження впливу просторової форми пристрою звуження газового потоку на його характеристики / І.В. Коробко, О. О. Драчук // Приладобудування: стан і перспективи: зб. тез доп. XIV Міжнародної науково-технічної конференції, 22-23 квітня 2015р. – Київ, 2015. – С.234-235.
6. Коробко І.В. Дослідження приладового комплексу вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу з дублюванням перетворювачів / О.О. Драчук, І.В. Коробко, В.А. Коваленко // Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазопромислового обладнання: зб. матеріалів доповідей міжнар. наук.-практ. Конф. 25-28 листопада 2014р.- Івано-Франківськ, 2014 – С. 322-325.
7. Системи CAD/CAE. ANSYS FLUENT / І. А.Гришанова, І. В. Коробко. – К.: Дія ЛТД, 2012. – 208 с.
8. Коробко І. В. Проектування вимірювальних перетворювачів витрат газу із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій / І. В. Коробко, П. К. Кузьменко // VI Всеукраїнська науково-технічна конференція „Вимірювання витрати та кількості газу”. Івано-Франківськ, 20 – 21 жовтня 2009 р. – м. Івано-Франківськ.
9. Коробко, І.В. Дослідження впливу неоднорідності потоку на роботу ультразвукових вимірювальних перетворювачів витрати / І. В. Коробко, Я. В. Волинська // Метрологія та прилади. – 2013. – №5. – С. 67 – 70.
10. Коробко І.В., Драчук О.О. Дослідження впливу турбінних вимірювальних перетворювачів витрати на гідродинамічні характеристики потоку Матеріали III-ої всеукраїнської науково-практичної конференції (22-23 березня 2018 р., м. Миколаїв). – Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2018. – С. 40-42.
11. Коробко І.В. Дослідження впливу параметрів потоку на вимірювальні перетворювачі витрати газу/ І.В. Коробко, О.О. Драчук // Прикладна геометрія та інформаційні технології в моделюванні об'єктів, явищ і процесів: Матеріали II-ої всеукраїнської науково-практичної конференції (18-20 жовтня 2017 р., м. Миколаїв). – Миколаїв: МНУ імені В.О. Сухомлинського, 2017. – 156 с.