

## Список літератури

1. Седов, Л. И. *Виды энергии и их трансформации* / Л. И. Седов // Прикладная математика и механика. - 1981. - Вып. 6, т. 45. - С. 964 – 984.
2. Баер Г. *Энергия, эксергия, анергия* / Г. Баер // Энергия и эксергия: перевод с немецкого под ред. В. М. Бродянского. - М.: Мир, 1968. – С. 12 – 27.
3. Яхно, О. М. *Варіаційне формулювання задач для структурно неоднорідних гідромеханічних систем* / О. М. Яхно, О. С. Мачуга // Промислова гідраліка і пневматика. - 2017. – № 2(56). – С. 26 – 33.
4. Яхно, О. М. *Ексергійний аналіз та метод варіаційних нерівностей в деяких задачах гідромеханіки* / О. М. Яхно, О. С. Мачуга // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. «Машинобудування». – 2016. - №3(78). – С. 19 – 25.
5. Мачуга, О. С. *Застосування енергетичного підходу у задачах неідеальної взаємодії рідин та твердих тіл* / О. С. Мачуга, О. М. Яхно // Міжнародна науково – технічна конференція «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці»: матеріали конференції, (Черкаський ін.-т. пож. безпеки, Черкаси - Київ, Україна, 23 – 26 травня 2016). – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – С. 60 – 62.

УДК 621.121

Коробко І.В., д.т.н., проф., Драчук О.О., аспірант  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЛАДОВОГО КОМПЛЕКСУ РЕЄСТРАЦІЇ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ

*Точне вимірювання витрати природного газу під час його видобування та транспортування є нагальною проблемою сьогодення. Підвищення точності та надійності вимірювання можна досягнути різними методами, здебільшого їх можна розділити на три групи: конструктивно-технологічні методи, направлені на покращення якості окремих елементів приладу, а також полегшення режимів роботи; методи технічної діагностики пов'язані з використанням систем автоматичного чи напівавтоматичного контролю справності приладів в процесі їх експлуатації; структурні методи, за допомогою яких може бути обрана найбільш раціональна структура приладу чи комплексу, по можливості зменшуючи вплив окремих елементів на похибку вихідного сигналу приладу. Запропоновано підвищити точність та метрологічну надійність шляхом побудови вимірювального комплексу із декількома витратомірами різного принципу дії. В доповіді наведені результати досліджень роботи комплексу вимірювання витрати і кількості природного газу та оцінювання ступені обопільного впливу параметрів конструкції на метрологічні характеристики комплексу в цілому.*

*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 в широкому діапазоні при мінімізації втрати тиску і вартості приладів.*

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

При створенні сучасних систем реєстрації витрати та кількості рідин і газів постає задача побудови вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ), а також визначення локального їх розміщення по протяжності технологічної мережі. Це постає головною метою забезпечення вимірювань з високою точністю, повторюваністю та надійністю. Окрім того, останнім часом виникає гостра необхідність у реєстрації паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) за різної динаміки їх протікання – від сталих до швидкозмінних потоків як у часі, так і за величиною. Це окреслює нагальну необхідність створення нових та вдосконалення існуючих приладів і систем визначення витрати ПЕР з високими метрологічними та експлуатаційними характеристиками. Актуальною є задача визначення локального місця розміщення ВПВ на вимірювальній ділянці з метою забезпечення мінімального обопільного впливу вимірюваного потоку та приладу.

Важливою і актуальною задачею при обліку природного газу є розширення діапазону вимірювання витрати при одночасному забезпеченні надійності та високої точності витратомірів та лічильників[1].

Для розв'язання наведених вище проблем розроблено приладовий комплекс реєстрації об'єму та об'ємної витрати газу на підґрунті різних фізичних методів вимірювання. Такий комплекс побудовано із застосуванням ВПВ турбінного (ТР) та

ультразвукового (УЗ) класів і профілюванням вимірювального вузла із просторовою геометричною формою у вигляді труби Вентурі (рис.1).

Вимірювальний комплекс містить ТРВПВ 1, ділянки звуження потоку просторової геометричної форми у вигляді конфузора або сопла Вітошинського 2, горловини 3, в якій встановлено УЗВПВ 4, та ділянки відновлення втрати натиску потоку просторової геометричної форми у вигляді дифузора 5, датчик тиску 6, імпульсні трубки 7 та 10, диференційний манометр 8, блок обробки вимірюваної інформації 9 (обчислювач–коректор), датчик температури 11. Вхідний конус 2, горловина 3 та дифузор 5 складають звужуючий пристрій подібний трубі Вентурі [2].

Потрійна системи реєстрації витрати газу забезпечує отримання надлишкової інформації від двох основних приладів і, при необхідності, від витратоміра змінного перепаду тиску. Це створює передумови для організації взаємодіагностики засобів вимірювання, що входять до складу комплексу. Застосування дублюючих приладів із різними діапазонами виміру спрямовано на розширення діапазону вимірювання, підвищення точності і метрологічної надійності реєстрації витрати газу.

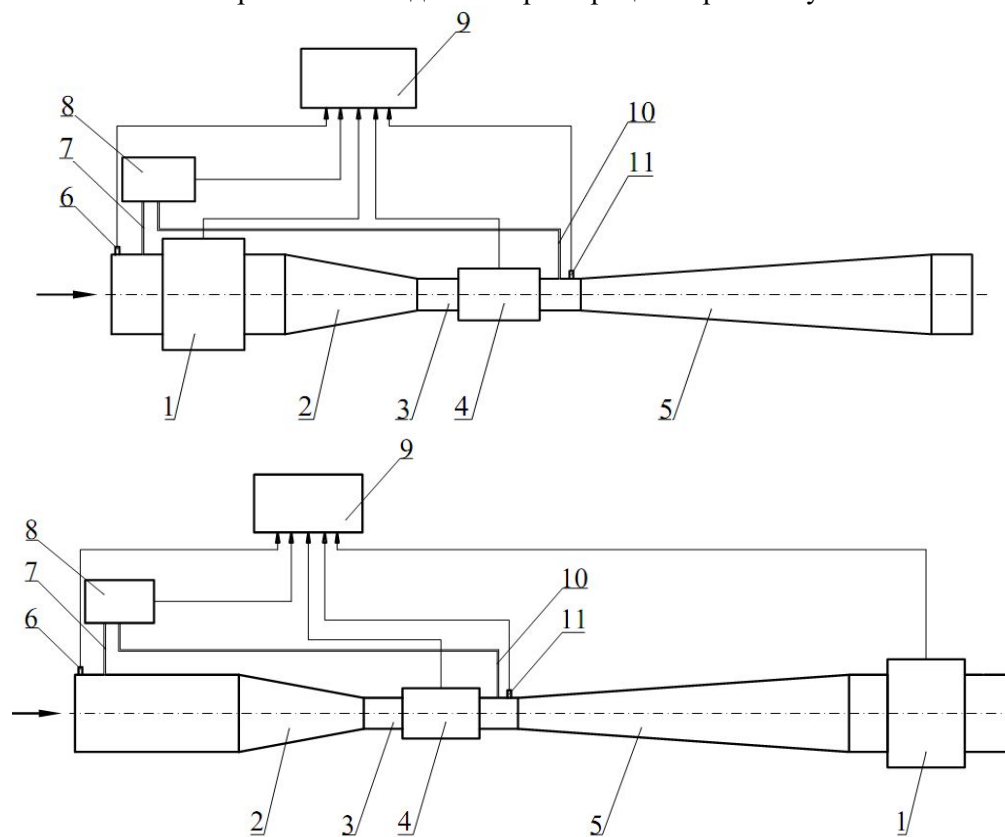


Рис. 1 – Схеми вимірювального комплексу газу

При реалізації комплексу, в наслідок застосування приладів із різним номінальним діаметром (калібром), необхідно дослідити конфігурацію вимірювального вузла, просторове та локальне положення його складових, геометричну форму пристроїв звуження і розширення потоку та вплив усіх параметрів системи на газове середовище.

Нині особливою популярністю серед науковців користуються методи чисельного моделювання на базі технологій обчислювальної гідрогазодинаміки *CFD* (*Computational Fluid Dynamics*). Такий спосіб отримання інформації, у багатьох випадках, є чи не єдиною можливістю виявлення ефектів складної взаємодії вимірюваного середовища із елементами конструкції ВПВ[3,4].

При проведенні досліджень однією з основних задач було створення максимально однорідної гідродинамічної картини течії на вході засобів вимірювання, особливо

ультразвукового класу та визначення впливу конфігурації вузла обліку на втрату тиску у потоці. Для цього із застосуванням комплексу обчислювальної гідродинаміки реалізованого в програмному пакеті *Ansys Workbench CFX*, проведено дослідження обопільного впливу геометричних характеристик вимірювальних трактів приладів на метрологічні характеристики вимірювального комплексу.

Для аргументації доцільного локального місця розташування ТРВПВ проводились дослідження запропонованого комплексу за схемами 1 та 2 (рис.1). Важливим параметром, який має значний вплив на метрологічні характеристики УЗВПВ, є рівномірність розподілу швидкості потоку в зоні акустичних каналів(рис.2, рис.3, рис.4)[5].

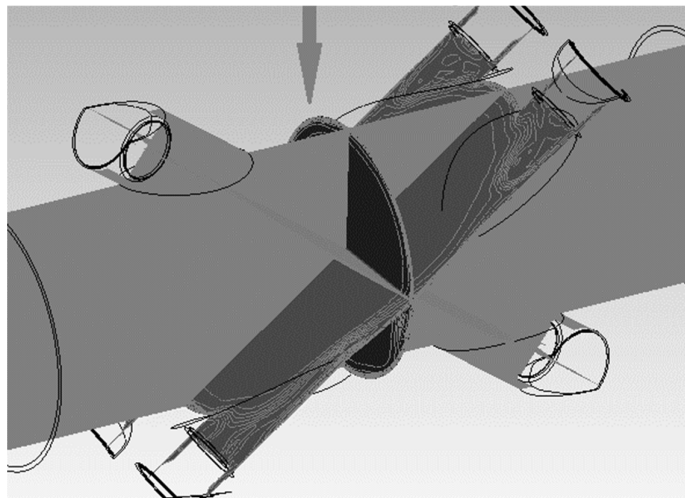


Рис. 2 – Досліджуваний переріз

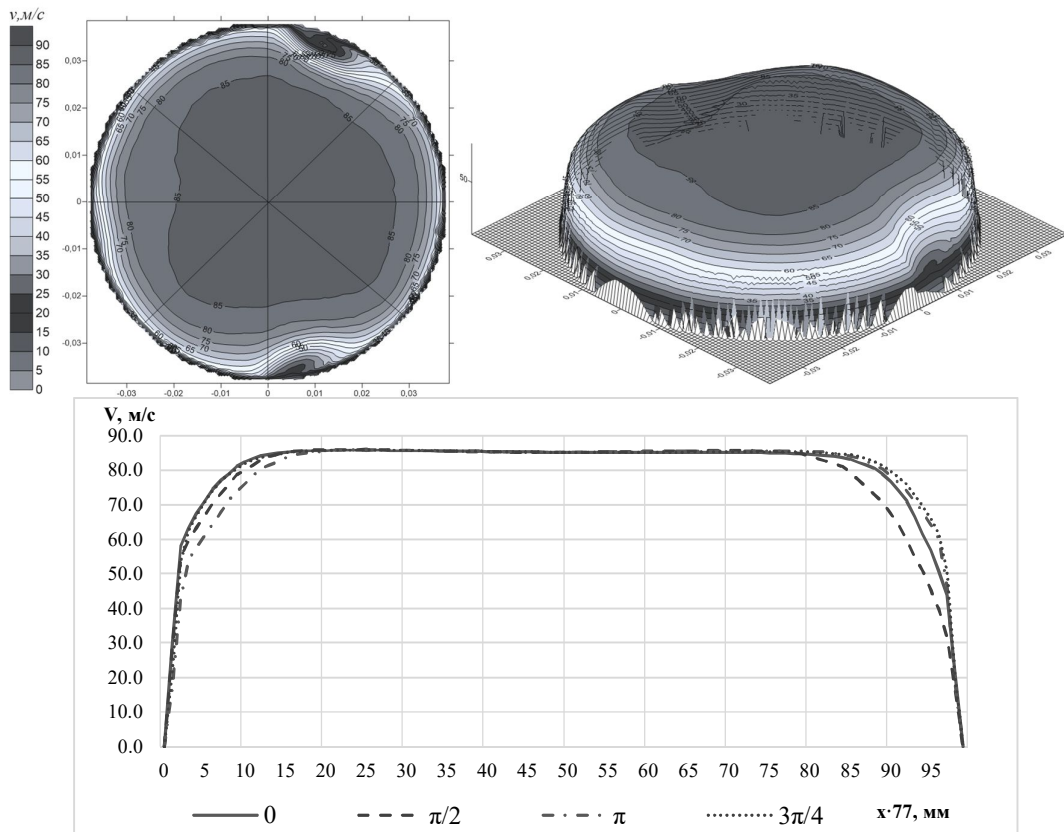


Рис. 3 – Профіль швидкостей в перерізі УЗВПВ після ТРВПВ

Як показали дослідження, симетричність потоку у зоні акустичних каналів, і відповідно точність, вищі при розміщенні ТВПВ після УЗВПВ.

В доповіді наведені результати досліджень роботи комплексу вимірювання витрати і кількості природного газу та оцінювання ступені обопільного впливу параметрів конструкції на метрологічні характеристики комплексу в цілому.

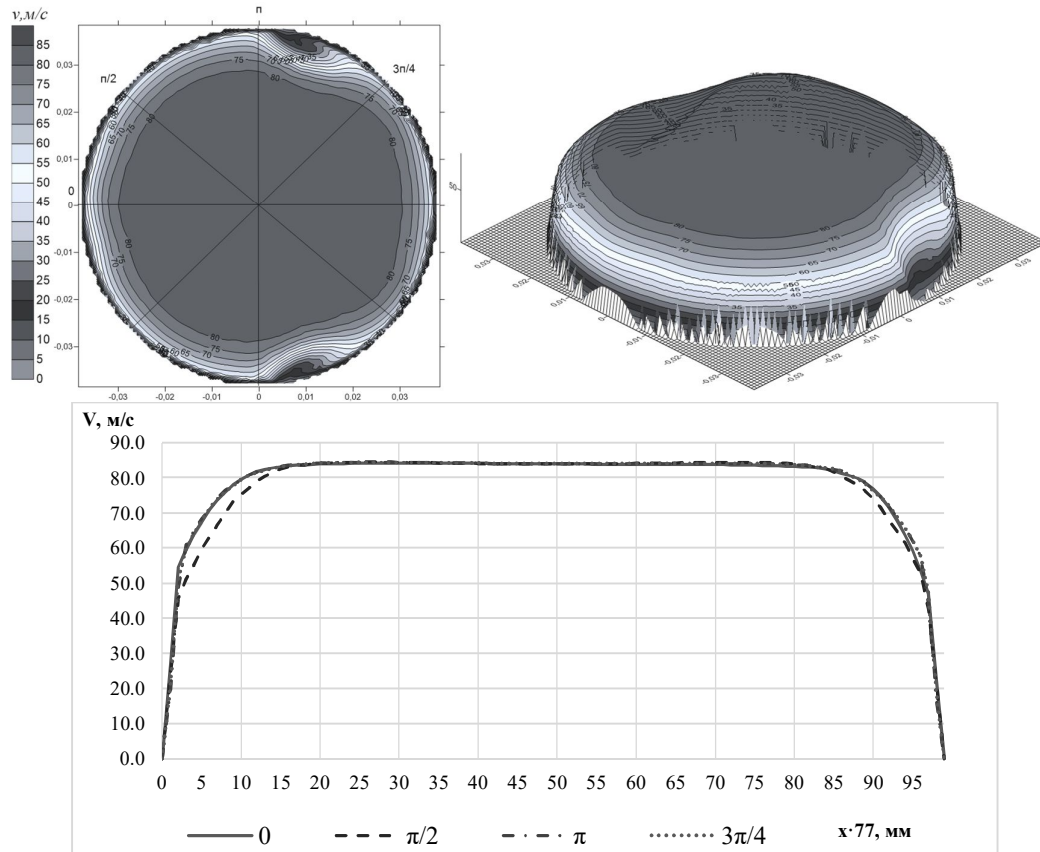


Рис. 4 – Профіль швидкостей в перерізі УЗВПВ до ТВПВ

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 в широкому діапазоні при мінімізації втрати тиску і вартості приладів.

#### Список літератури:

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, 2014р. –С.66-78
2. Патент № 11302 Україна, МПК (2016) 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.- №а2015 00567; заявл. 23.01.2015; опубл. 12.12.2016, Бюл.№23.-4с.
3. Системи CAD/CAE. ANSYS FLUENT / І. А.Гришанова, І. В. Коробко. – К.: Дія ЛТД, 2012. – 208 с.
4. 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.
5. 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.