

УДК 681.121

*Е.П. Фотул, студент гр. ПІ-91мп*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНФІГУРАЦІЇ ГІДРАВЛІЧНОГО КАНАЛУ НА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА**

**Анотація.** Проведено дослідження втрат тиску у гідравлічному каналі одноканального час-імпульсного ультразвукового витратоміра, в якому приймачі-випромінювачі розташовано вздовж вісі потоку, що спричиняє додаткові втрати тиску. Запропоновано замінити конфузорну ділянку соплом Вітошинського, що ефективно виправляє асиметрію течії вимірюваного середовища і створює.

**Ключові слова:** ультразвуковий витратомір, ультразвук, сопло Вітошинського, конфузор, гідравлічний канал

### **ВСТУП**

Акустичними називаються витратоміри, що базуються на вимірюванні витрати залежної від того чи іншого ефекту, що виникає при проходженні акустичних коливань через потік рідини або газу. Майже всі застосовувані на практиці акустичні витратоміри працюють в ультразвуковому діапазоні частот і тому називаються ультразвуковими [1]. Ультразвукові витратоміри (УЗВ) зазвичай використовуються для вимірювання об'ємної витрати, оскільки ефекти, що виникають при проходженні акустичних коливань через потік рідини або газу, пов'язані зі швидкістю останнього.

Конструктивно УЗВ являє собою відрізок трубопроводу, вздовж якого протікає вимірювана речовина, і в якому розташовані випромінювачі і приймачі акустичних коливань – головні елементи первинних перетворювачів УЗВ. Ультразвукові (УЗ) методи вимірювання витрати класифікують за наступними ознаками [2]:

За способом руху УЗ хвиль:

- Допплерівські;
- З геометричним зсувом променя;
- Часопрохідні (час-імпульсні, фазові, частотні);

За спрямованістю УЗ випромінювання:

- Із спрямованим випромінюванням;
- Із сферичним випромінюванням;

За кількістю каналів вимірювання:

- Одноканальні;
- Двоканальні (паралельні промені або промені, що перехрещуються);
- Багатоканальні

За видом акустичного шляху:

- Без відбивання;
- З відбиванням (в одній або різних площинах);

За розміщенням перетворювачів:

- Стаціонарні (не занурені у потік, занурені у потік, на рівні потоку);
- Накладні.

Для досліджень обрано час-імпульсний УЗВ з одним каналом вимірювання без відбивання акустичного шляху, в якому перетворювачі занурені в потік. Характерною особливістю обраної схеми вимірювання є розташування

випромінювачів-приймачів вздовж вісі потоку, що, поряд із компактністю конструкції, спричиняє додаткові втрати тиску (рис. 1).

Метою роботи є пошук конфігурації проточної частини УЗВ, яка дозволить зменшити втрати тиску, підвищити точність вимірювання і розширити діапазон вимірюваних витрат.

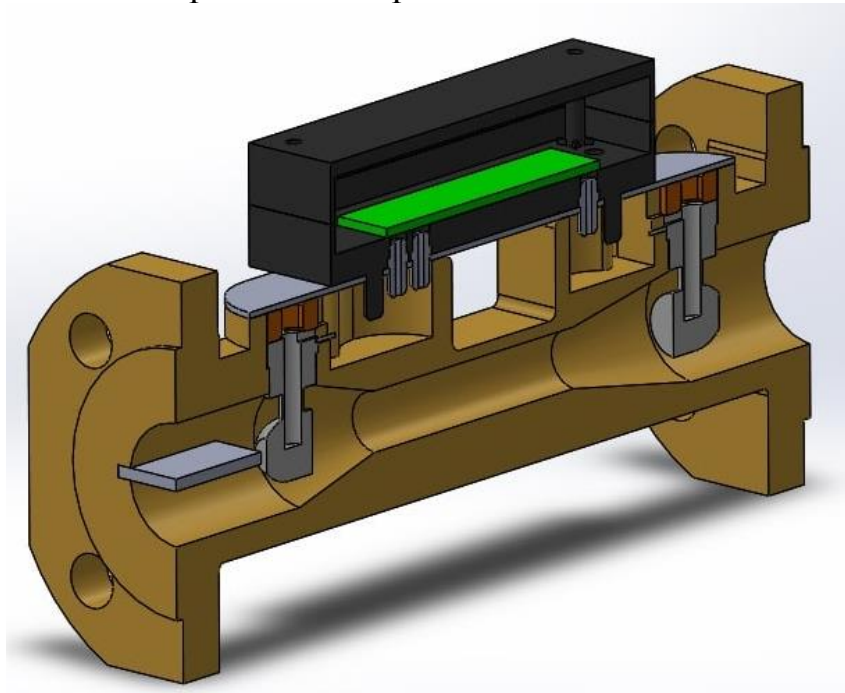


Рисунок 1. 3D-модель УЗВ

### **ВДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО КАНАЛУ ВИТРАТОМІРА**

Для компенсації додаткових місцевих опорів, спричинених наявністю приймачів-випромінювачів у потоку, потрібно змінювати конфігурацію проточної частини приладу, що здійснюється застосуванням ділянок із плавною зміною радіусу [3].

Для дослідження обрано конструкцію, що містить конфузор і дифузор, відокремлені прямою ділянкою (рис. 2). Коефіцієнт опору зазначених елементів конструкції суттєво залежить від ступеня звуження (розширення), що визначається кутом сходження (розходження) проточної частини [3, 4].

Розраховано перепад тиску на конфузорній ділянці гідравлічної частини УЗВ за різних кутів сходження (рис. 3). Мінімальні втрати тиску забезпечує конфузор із кутом сходження  $15^\circ$ .

Здійснено імітаційне моделювання зазначених конструкцій у Solid Works Flow Simulation для мінімальної, номінальної і максимальної витрат.

Отримані картини розподілу швидкості вздовж протяжності корпусу УЗВ, а також ізотакі у контрольних перерізах конструкції, свідчать про наявну неоднорідність потоку вимірюваного середовища, що суттєво впливає на точність вимірювання.

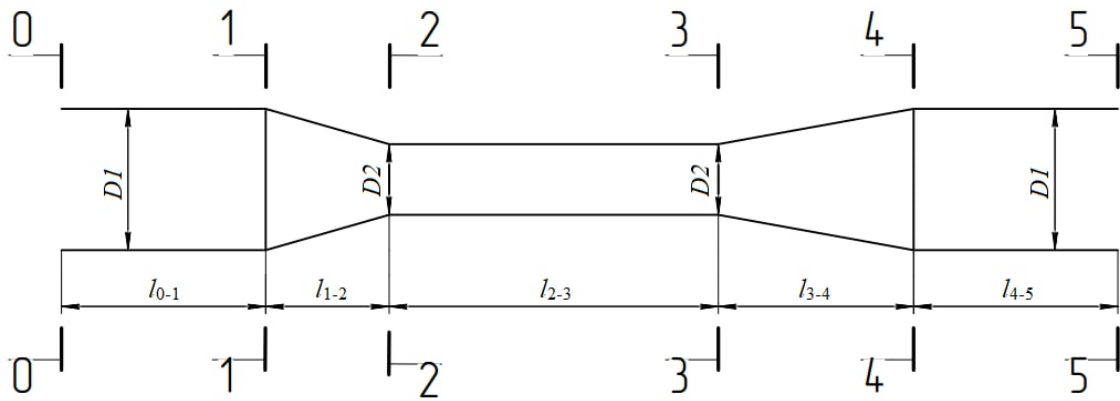


Рисунок 2. Гідравлічний канал УЗВ:

номерами позначено контрольні перерізи конструкції;  $D$  – діаметр у перерізі каналу;  $L$  – довжина ділянки; індекси відповідають номерам перерізів

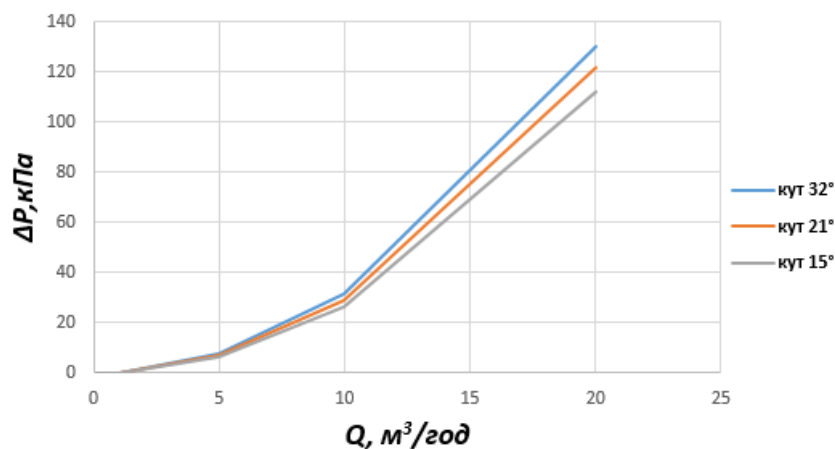


Рисунок 3. Втрати тиску на конфузори

У зв'язку з цим запропоновано замінити конфузорну ділянку гідравлічного каналу соплом Вітошинського, що ефективно виправляє асиметрію течії вимірюваного середовища [6].

Зміна радіусу обраного сопла описується наступною закономірністю [6, 7]

$$r_c(x) = \frac{r_2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2\right] \frac{\left[1 - \left(\frac{x}{L_{1-2}}\right)^2\right]^2}{\left[1 + \left(\frac{x}{L_{1-2}}\right)^2\right]^3}}$$

де  $r_1$  – радіус входу;  $r_2$  – радіус виходу;  $L_{1-2}$  – загальна довжина сопла Вітошинського ( $L_{1-2} \geq r_1$ ).

Порівняння закономірностей зміни радіусу проточної частини УЗВ для конфузора і сопла показує, що за однакової ширини, вирівнювання потоку раніше відбувається у випадку застосування соплом Вітошинського (рис. 4).

## ВИСНОВКИ

Ультразвукові витратоміри є одними з найбільш розповсюджених і перспективних при вимірюванні витрати рідин, газів і кількості теплоти.

Для дослідження обрано конструкцію одноканального час-імпульсного УЗВ, в якому приймачі-випромінювачі розташовано вздовж вісі потоку.

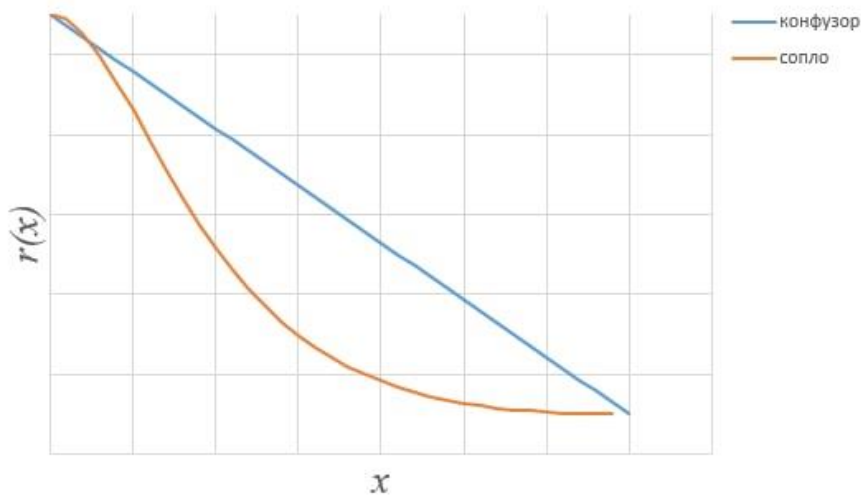


Рисунок 4. Зміна радіусів досліджуваних ділянок

Проведено математичне моделювання втрат тиску у гідравлічному каналі ультразвукового витратоміра, що містить конфузурну ділянку, для різних кутів сходження. З метою зменшення асиметрії течії запропоновано замінити конфузурну ділянку соплом Вітошинського.

У Solid Works Flow Simulation здійснено імітаційне моделювання конструкції, що підтвердило створення симетричної течії у гідравлічному каналі приладу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Биргер Г.И., Бражников Н. И. Ультразвуковые расходомеры./Биргер Н.И. – М.: Металургия, 1964. – 323с.
- [2] Писарець А. В. Вимірювання кількості теплової енергії із застосуванням ультразвукового методу / А. В. Писарець, С. О. Поліщук // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2017. – Вип. 53(1). – С. 56 – 61.
- [3] Коробко І. В. Автоматизація досліджень динамічних характеристик перетворювачів витрати рідиннофазних середовищ / І. В. Коробко, А. В. Писарець, А. С. Місяць // Вісник НТУУ "КПІ". Серія приладобудування. – 2018. – Вип. 56(2). – С. 91 – 96. DOI: 10.20535/1970.56(2).2018.152457.
- [4] Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. / Идельчик И. Е. – М.: Машиностроение, 1975. – 543 с.
- [5] Рабинович Е. З. Гидравлика. / Е. З. Рабинович – М.: Недра, 1978, 732 с.
- [6] 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. – 2014. – № 2. – С. 66-77.
- [7] Н. Ф. Краснов, В. Н. Кошевой, А. Н. Данилов, В. Ф. Захарченко, Е. Э. Боровский, А. И. Хлупнов. Прикладная аэродинамика. Под ред. Краснова Н. Ф. Учеб. пособие для втузов. М.: Высшая школа, 1974, 732 с.

*Наук. керівник – доц. Писарець А. В.*