

СЕКЦІЯ «СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МАТЕМАТИКА»

УДК 681.121.89.082.4

Денисенко О.І.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА

Ультразвукові витратоміри досить часто використовують як в побутових мережах водопостачання, так і в промислових галузях, таких як нафтогазовидобування, системах вентиляції і опалення, хімічній промисловості, медичних пристроях.

Зазвичай, конструкція витратоміра складається з фрагмента циліндричної труби, на поверхні якої вбудовуються два або більше пристроїв, які можуть випромінювати або фіксувати ультразвукові сигнали. Принцип дії більшості існуючих витратомірів базується на порівнянні швидкостей проходження ультразвукових сигналів вгору та вниз течії. Існують також конструкції витратомірів, коли ультразвукові сигнали відзеркалюються від вбудованих в патрубок конструктивних елементів і проходять вздовж осі вимірювальної ділянки. Наявність вбудованих елементів в циліндричному патрубку формує складну неоднорідну структуру потоку рідини, а в деяких режимах спонукає виникненню циркуляційних зон.

В роботі досліджувались гідродинамічні характеристики витратоміра з вбудованими елементами, які відбивають ультразвукові сигнали. Використовувалась тривимірна система диференціальних рівнянь $k-\omega$ моделі турбулентності. Для ламінарного режиму використовувалась система рівнянь Нав'є-Стокса. Розглядався ізотермічний режим течії. Враховуючи нелінійний характер рівнянь та складну геометрію розрахункової області задача не має аналітичного розв'язку та допускає тільки чисельну реалізацію. Чисельний розв'язок задачі виконувався методом скінчених елементів за допомогою програмного пакету COMSOL Multiphysics. Враховуючи симетрію геометрії задачі обчислення проводилось для половини розрахункової області.

Проведена серія чисельних експериментів для середньої швидкості на вході в витратомір в діапазоні від 0.05 м/с до 15 м/с. На рис. 1 та рис. 2 наведено приклади розрахунку структури потоку для різних середніх швидкостей на вході в витратомір. Як показали розрахунки, починаючи зі швидкості $V_{in}=0.25$ м/с за другим датчиком починає утворюватись циркуляційна зона. Профіль швидкостей в центральній області та на виході витратоміра суттєво відрізняється від розподілу швидкостей у вхідній

області. На формування профілів в перерізах витратоміра впливають вбудовані конструктивні елементи, які відбивають сигнал та зменшення діаметра патрубку.

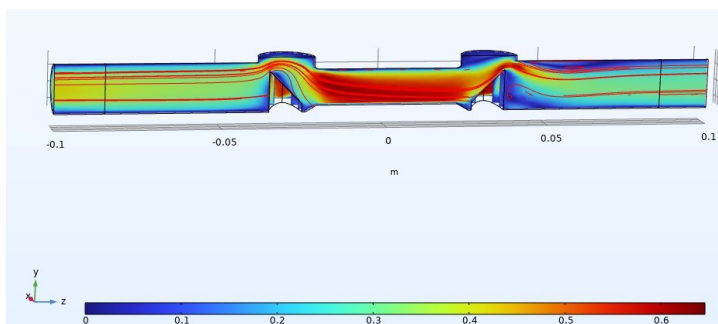


Рисунок 1 – Розподіл швидкостей та лінії току для $V_{in}=0.25$ м/с

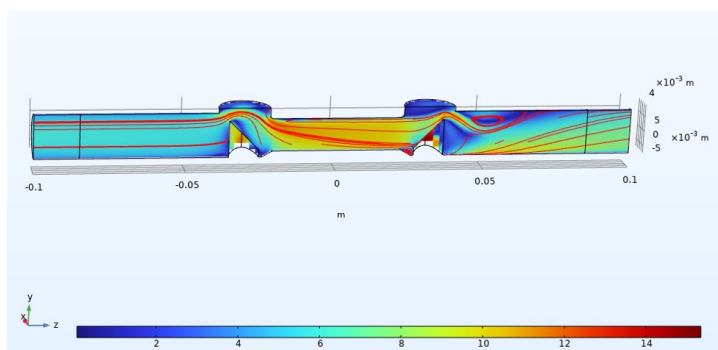


Рисунок 2 – Розподіл швидкостей та лінії току для $V_{in}=5$ м/с

Неоднорідний розподіл швидкостей на вимірювальній ділянці вимагає використовувати поправочні коефіцієнти для остаточного обрахунку витрат контролером.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ultrasound Flowmeter with Generic Time-of-Flight. - Режим доступу: https://www.comsol.com/model/download/902221/models.aco.ultrasound_flow_meter_generic.pdf