

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

В статті висвітлена методологія використання методів чисельного моделювання взаємодії потоків рідини з елементами перетворювачів витрати на базі обчислювальної гідродинаміки CFD (Computational Fluid Dynamics). Наведені результати дослідження витратоміра рідини вихорового типу з використанням програмного пакету ANSYS Workbench.

Постановка проблеми. Дефіцит енергетичних ресурсів породжує проблему раціонального використання шляхом точного і надійного їх обліку застосовуючи вимірювальні перетворювачі витрати (ВПВ) рідин та газів.

Враховуючи вимоги сьогодення до ВПВ паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та води: надійність та повторюваність результатів вимірювання, лінійність шкали, великий діапазон вимірювання та швидкодія приладу, для створення сучасних приладів необхідно визначити раціональні значення параметрів конструкції, особливо оптимальну геометрію чутливих елементів (ЧЕ), за умови мінімізації похибки вимірювань та впливу на вимірюване середовище. Це в значній мірі пов'язане з вдосконаленням просторової форми ЧЕ ВПВ і вимагає застосування нових методів та підходів до досліджень конфігурації елементів приладів і їх будови[1].

Постановка задачі. На сьогоднішній день в наукових дослідженнях особливої популярності набули методи чисельного моделювання гідродинамічних процесів на базі обчислювальної гідродинаміки CFD (Computational Fluid Dynamics).

Застосування CFD-технологій при створенні приладів дозволяє значно скоротити час попередньої підготовки при проектуванні; моделювати умови та режими течії, які складно відтворити при стендових випробуваннях на моделях; отримати більш широку і детальну інформацію про особливості взаємодії вимірюваного середовища з елементами конструкції; підвищити ефективність досліджень, які на базі обчислювальної гідродинаміки значно вища за напівнатурні випробування.

Крім того, в багатьох випадках отримання інформації з використанням обчислювальної гідродинаміки є чи не єдиною можливим для виявлення ефектів впливу потоку вимірюваного середовища і ВПВ на метрологічні характеристики[2].

На сьогодні, існує велика кількість програмних комплексів для дослідження потоків вимірюваного середовища та їх взаємодії з елементами конструкції приладу. Аналіз сучасних методів обчислювальної гідродинаміки

показує, що одним з найбільш прогресивних програмних пакетів для дослідження потоку ПЕР та води є ANSYS Workbench.

Основні можливості програмного комплексу Ansys Workbench.

Центральним об'єктом при роботі в ANSYS Workbench є проект, під яким розуміється сукупність геометричних моделей трубопроводу та ЧЕ ВПВ і фізичних моделей вимірюваного середовища, а також результатів чисельного моделювання. Проект може складатися з одного або декількох блоків, що реалізують окремі види та етапи гідродинамічного аналізу взаємодії ВПВ з потоком рідини. У свою чергу, блок складається з елементів - структурних частин блоку, що відповідають за певний етап аналізу. Можна виділити наступні етапи проведення гідродинамічного аналізу: розробка моделі ВПВ; встановлення параметрів моделювання і отримання результатів; обробка результатів.

При *розробці моделі* здійснюється підготовка геометричної моделі ВПВ, задаються матеріал приладу і тип вимірюваного середовища та їх властивості, відбувається генерація елементної сітки, визначаються фізичні умови моделювання. Результат етапу - модель, підготовлена для чисельного розв'язку. На етапі, *встановлення параметрів моделювання і отримання результатів*, задаються необхідні параметри моделювання, що забезпечують збіжність ітераційного процесу, і запускається модель для отримання результатів. Кінцевим результатом етапу є чисельний розв'язок, отриманий із заданою точністю. Отриманий чисельний розв'язок задачі на етапі *обробки результатів* використовується для візуалізації розподілу необхідних фізичних величин (тиску, швидкості, температур та ін.) Результатом етапу є набір графіків, анімацій, масивів значень, що представляють необхідні результати вирішення завдання [3].

Моделювання вимірювальних перетворювачів витрати з використанням програмного комплексу Ansys Workbench. На сьогодні, важливим є питання раціонального вибору перетворювачів витрати ПЕР та води. Велика кількість вимог, що висуваються до сучасних приладів, а також області їх застосування зумовили появу різних методів вимірювання витрати та кількості.

Широкого використання для комерційного обліку споживання ПЕР в різних галузях господарства набули ВПВ вихорового типу завдяки високим метрологічним та експлуатаційним характеристикам. Одним з найпоширеніших класів вихорових ВПВ є прилади з тілами обтікання (ТО).

Використовуючи вихорові вимірювальні перетворювачі для обліку енергоресурсів важливим є характер взаємодії середовища з ТО, і як наслідок, утворення вихорів, по частоті яких здійснюється визначення швидкості потоку і, відповідно, витрати. На характер такої взаємодії впливають геометричні параметри та форма ТО.

У сучасних конструкціях вихорових ВПВ найбільшого поширення набули ТО наступних геометричних форм: циліндр, трикутна і трапецоїдна призма та паралелепіпед[4].

Використовуючи можливості програмного комплексу Ansys Workbench можна досліджувати ВПВ з ТО різних конфігурацій шляхом оптимізації їх геометричних параметрів за визначеними критеріями. Вихідними даними для проектування витратомірів є: умовний діаметр вимірювальної камери, значення швидкості потоку рідини на ділянці вихроутворення, витрата і точність.

Для дослідження потоку рідини у вікні інструментів *Toolbox* основного вікна програми обираємо вид інженерного аналізу *Fluid Flow*, після чого програма вставляє в схему проекту відповідний блок, який містить усі необхідні етапи виконання аналізу (рис. 1): *Geometry* – створення геометрії моделі, *Mesh* – створення сітки, – блок задання вихідних параметрів для моделювання, *Solution* – блок задання параметрів моделювання, *Results* – результати моделювання.

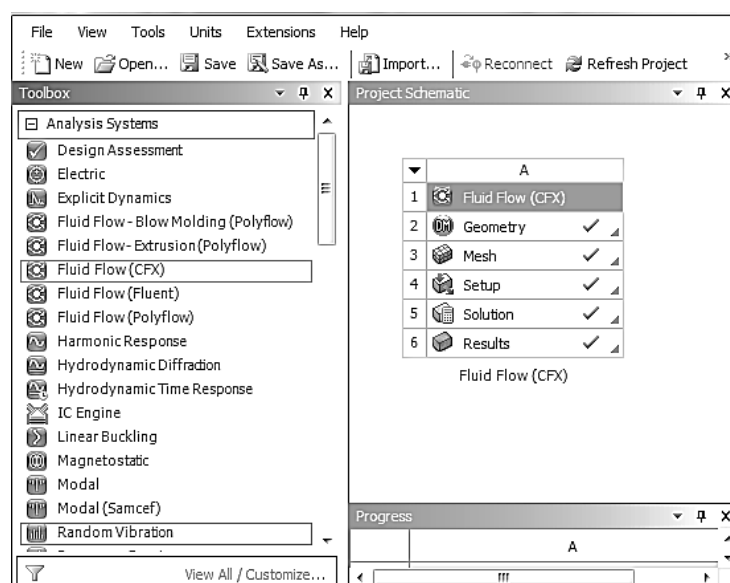


Рис. 1. Блок інженерного аналізу *Fluid Flow*

Для створення геометрії трубопроводу використовується панель *Geometry* блоку інженерного аналізу *Fluid Flow*. Створюється 3D геометрія трубопроводу, всередині якого знаходиться ТО визначеної форми (рис.2).

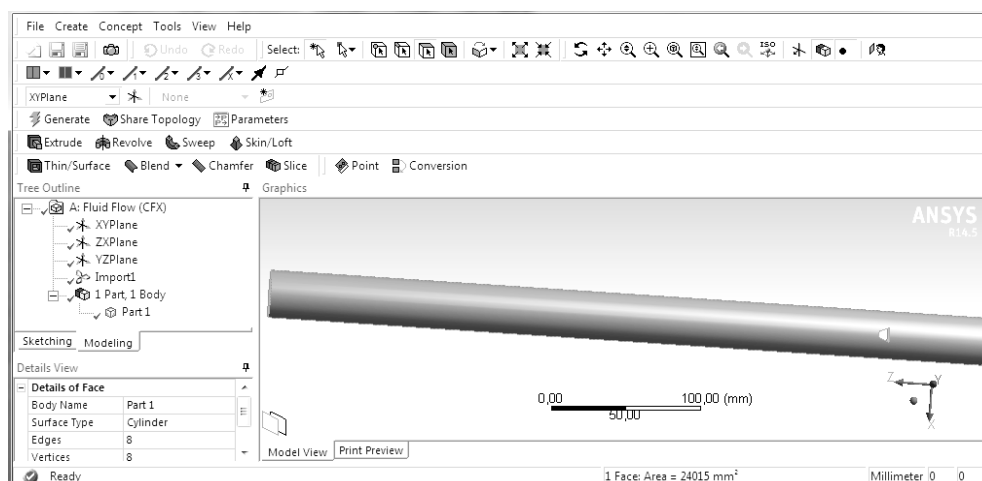


Рис.2. Вікно створення геометрії трубопроводу

Сітка на досліджуваній моделі створюється використанням блоку *Mesh* і враховуючи особливості течії потоку в межах ТО задається область ущільненої сітки та її параметри і запускає (рис.3).

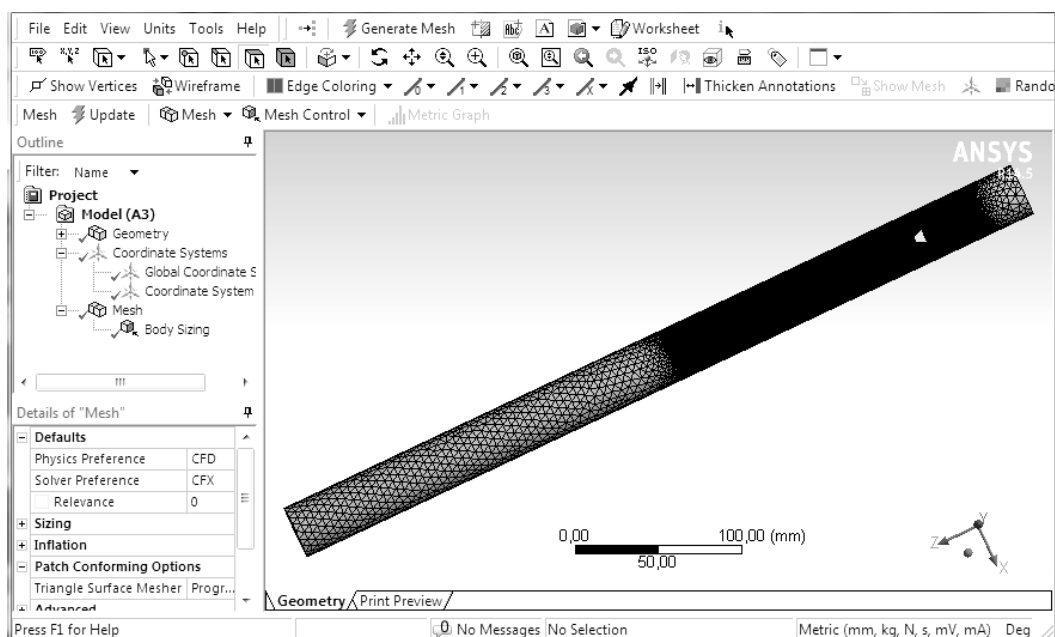


Рис. 3. Вікно створення сітки

Вхідними даними для моделювання ВПВ, що задаються в блоці *Setup* є: швидкість, яка може задаватись як чисельно, так і аналітично, параметри стінки трубопроводу, параметри вимірюваного середовища, тиск всередині трубопроводу та максимальна кількість ітерацій (рис.4).

В блоці *Solution* проект запускається на обчислення.

Для отримання результатів дослідження використовується блок *Results*. Форма подачі результатів моделювання може бути різноманітною: у вигляді векторів (рис.5), контурів, графіків, таблиць, чисельних значень і т.д. З проекту є можливість визначити значення тиску, швидкості в означених вимірюваної ділянки.

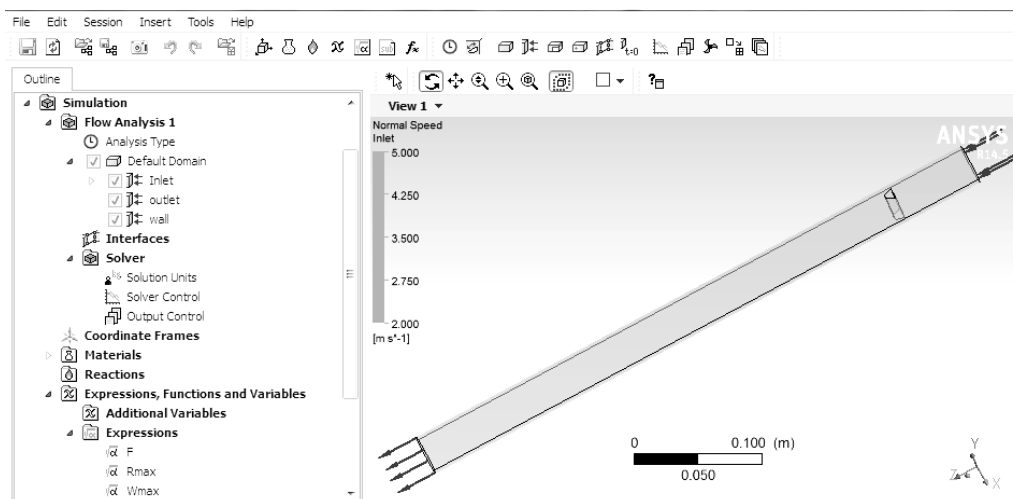


Рис.4. Вікно встановлення параметрів моделювання

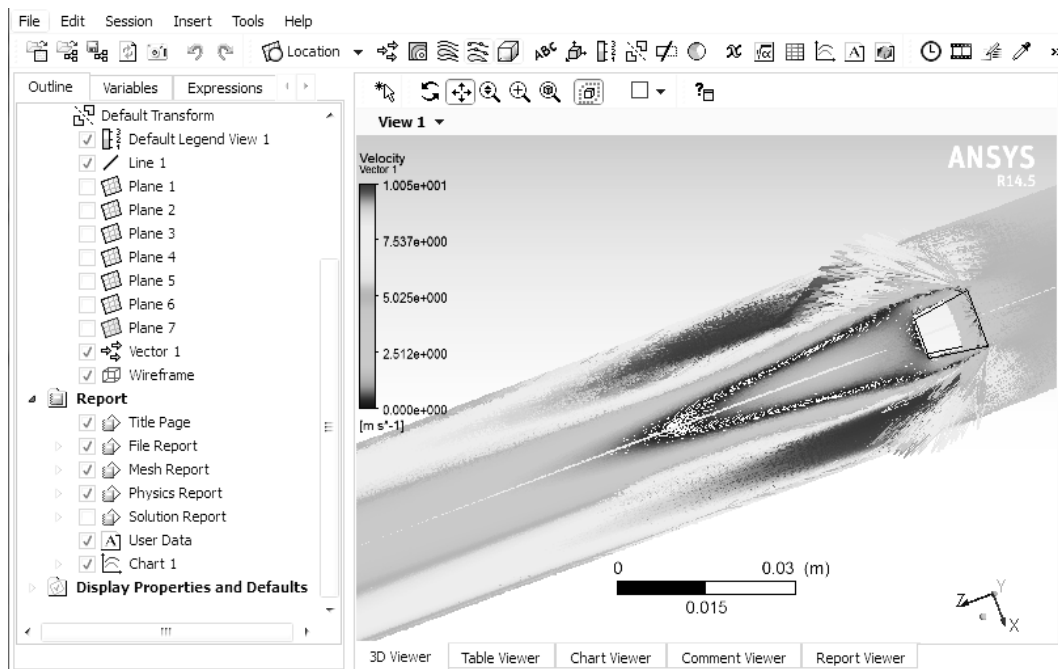


Рис.5. Вектори швидкості вимірюваного середовища у трубопроводі

По результатам моделювання можна визначити, як залежить швидкість потоку вимірюваного середовища від геометрії ТО, в яких місцях відбувається найбільше завихрення, який тиск у вимірювальних ділянках трубопроводу. Якщо дані моделювання не забезпечують вимоги, що висуваються до витратоміра – у вхідні параметри можна вносити відповідні зміни.

Висновки. Використання методів чисельного моделювання гідродинамічних процесів на базі обчислювальної гідродинаміки для геометричного проектування ВПВ є ефективним сучасним підходом в створенні приладів з високими метрологічними характеристиками, що, в свою чергу, забезпечить точний облік енергоресурсів.

Платформа ANSYS Workbench забезпечує проектувальника великою кількістю інструментів, необхідних на всіх етапах аналізу, дозволяє швидко отримувати чисельний розв'язок задачі, ефективно організовує взаємозв'язку між окремими видами інженерних розрахунків.

Література

1. *Кремлевский П. П.* Расходомеры и счетчики количества вещества: [Справочник] / П. П. Кремлевский. – Л.: Машиностроение, 1989. – 701 с.
2. *Гришанова I. А.* Системы CAD/CAE. ANSYS FLUENT / I. А.Гришанова, I. В. Коробко. – К.: Дія ЛТД, 2012. – 208 с.
3. *Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб пособ / . В.А.Бруяка, В.Г.Фокин, Е.А.Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов.* –Самара: Самар. гос. техн. ун–т, 2010. – 271 с.
4. *Киясбейли Л. Ш.* Вихревые счетчики-расходомеры / Л. Ш. Киясбейли, М. Е. Перельштейн. – М.: Машиностроение. – 1974. – 160 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ РАСХОДА

В. А. Коваленко, И. В. Коробко

В статье представлена методология использования методов численного моделирования взаимодействия потоков жидкости с элементами преобразователей расхода на базе вычислительной гидродинамики CFD (Computational Fluid Dynamics). Приведены результаты исследования расходомера жидкости вихревого типа с использованием программного пакета ANSYS Workbench.

APPLICATION NUMERICAL METHODS OF MODELING DESIGN FLOW CONVERTER

V. Kovalenko, I. Korobko

The article presents a methodology for the use of methods of numerical simulation of fluid flow interaction with the elements of flowmeters based on computational fluid dynamics CFD (Computational Fluid Dynamics). Presents the results of the study of vortex flowmeters using a software package ANSYS Workbench.