

УДК 681.121.89.082.4

DOI 10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2024-25-19

Роман В. І., Масняк О. Я., Костик І. В.

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

ПАРАМЕТРИ НАЛАШТУВАННЯ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИТРАТОМІРІВ

В статті детально розглянуто параметри налаштування комп'ютерного пакету для обчислювальної гідродинаміки SolidWorks Flow Simulation на етапі узагальненої процедури CFD-аналізу «Set Up a Flow Simulation Project» та їх варіанти встановлення. Також, в статті наведено конкретний приклад покровового підбору параметрів SolidWorks Flow Simulation для моделювання похибки вимірювання витрати двоканального хордового ультразвукового витратоміра, зумовленої впливом спотворення структури потоку (профіль швидкості) – що є найбільш типовою задачею при дослідженні витратомірів цього типу. За результатами прикладу показано, що кут встановлення місцевого опору «два 90° коліна в різних площинах» по відношенню до двоканального ультразвукового витратоміра, значно впливає на похибку вимірювання витрати, особливо для малих швидкостей потоку. При збільшенні швидкості, похибка вимірювання витрати ультразвукового витратоміра стабілізується, і майже не змінює свої значення.

Ключові слова: ультразвуковий витратомір, обчислювальна гідродинаміка, параметри налаштування, SolidWorks Flow Simulation, похибка вимірювання витрати.

Постановка проблеми. Точність вимірювання витрати та кількості дороговартісних плинних енергоносіїв (до прикладу, природний газ), має важливе значення для промисловості України, зокрема в умовах повномасштабної війни. При постійному удорожчанні та дефіциті цінних енергоносіїв на вітчизняному та світовому ринках, застосування високоточних засобів обліку стає запорукою стабільності існування як споживачів, так і генеруючих компаній. Це зумовлює постійний розвиток засобів обліку, зокрема і ультразвукових витратомірів (УЗВ).

В УЗВ, як і у решти витратомірів, присутні слабкі сторони. Найбільших проблем для УЗВ під час роботи в реальних умовах, створює спотворена структура потоку (профіль швидкості) на його вході. Це викликано тим, що не завжди вдається дотримати достатньої довжини прямолінійної ділянки вимірювального трубопроводу (ВТ) між входом УЗВ та джерелом спотворення (коліна, трійники тощо) [1]. Щоб усунути або зменшити цей вплив, необхідно так чи інакше проводити додаткові дослідження по місцю роботи УЗВ або відтворювати їх в лабораторії [1]: підбирати пристрої підготовки потоку / кондиціонери потоку; проводити перекалібрування УЗВ «по місцю»; підбирати новий УЗВ з більшою кількістю акустичних каналів (АК) тощо. Сучасний рівень розвитку комп'ютерів та методів обчислювальної гідродинаміки (Computational Fluid Dynamics, CFD), дозволяє доповнювати такі досліди результатами математичного моделювання УЗВ для умов, наближених до реальних. Маючи в першу чергу результати CFD-моделювання, науковець чи конструктор, може суттєво звузити поле пошуку проблеми економлячи при цьому час та гроші на реальні експерименти.

Аналіз останніх досліджень. SolidWorks Flow Simulation є одним із сучасних комп'ютерних пакетів для CFD-моделювання, поряд із ANSYS Fluent, Siemens Simcenter STAR-CCM+ та OpenFOAM. Оскільки більшість потоків, що зустрічаються в інженерній практиці, є турбулентними, в Flow Simulation їх моделювання (як і потоків з ламінарним чи перехідним режимом) виконується за допомогою усереднених за Фавром рівнянь Нав'є-Стокса [2]. Проте, застосування Flow Simulation для моделювання потоків, поширене переважно в працях українських науковців [3-5], і не містить чіткого алгоритму підбору параметрів його налаштування для моделювання саме УЗВ. Це створює враження епізодичності, та неможливості чіткого відтворення / повторення результатів наявних досліджень задля порівняння (чи спростування). Також, це може ускладнювати процес успішного (завершеного) моделювання УЗВ студентами, які обмежені часом навчального заняття. Адже невірний налаштований CFD-пакет вимагатиме занадто багато часу або даватиме занадто «грубі» результати моделювання УЗВ.

Мета роботи. Зважаючи на вище сказане, метою даної статті є детальний огляд параметрів налаштування CFD-пакету SolidWorks Flow Simulation та демонстрація прикладу їх підбору для моделювання похибки вимірювання витрати УЗВ.

Викладення основного матеріалу. Мета даної статті є логічним продовженням дослідження, опублікованого в роботі [6], де на базі узагальненої процедури CFD-аналізу [7], було розроблено алгоритм побудови тривимірного макету УЗВ. Наступним кроком згідно узагальненої процедури CFD-аналізу, є безпосереднє моделювання УЗВ в CFD-пакеті.

SolidWorks Flow Simulation використовується дослідниками для вирішення задач в галузі аеродинаміки твердих тіл, процесів теплообміну систем охолодження, процесів фільтрації тощо. Також він містить функціонал для моделювання областей, що обертаються – на цій базі можна прогнозувати напірні характеристики вентиляторів і насосів. Додатково, Flow Simulation оснащений двома модулями: Flow Simulation HVAC Module – для поглибленого аналізу впливу навколишнього середовища у приміщенні на людей та обладнання, у тому числі із застосуванням розширеної моделі теплообміну випромінюванням для врахування об'ємного поглинання; Electronics Cooling Module – для теплового розрахунку електронних пристроїв.

SolidWorks Flow Simulation для вирішення поставленої задачі застосовує числовий метод скінчених об'ємів (Finite volume method, FVM), який має такі особливості [8]:

1. Використовується структурована розрахункова сітка, утворена координатними лініями так, що вузли цієї сітки можуть бути пронумеровані з допомогою цілочисельних векторів, розмір яких залежить від розміру системи координат.

2. Для дискретизації розв'язку використовуються комірки розрахункової сітки, причому в межах однієї комірки розв'язок рахується постійним, тобто не прив'язаний до якої-небудь конкретної точки.

У випадку складної конфігурації ВТ з УЗВ, коли граничні умови задачі змінюються не прямолінійно (повороти, перепади діаметрів), виникає потреба збільшення розрахункових комірок для підвищення точності отриманих результатів на цій ділянці тривимірного макету. Для цього структурована сітка Flow Simulation володіє адаптивною функцією подрібнення.

Після того, як тривимірний макет УЗВ побудовано [6], користувач приступає до підбору параметрів налаштування CFD-пакету під конкретну задачу моделювання витратоміра. Згідно [2], в SolidWorks Flow Simulation цей етап узагальненої процедури CFD-аналізу (рис.1) називається «Set Up a Flow Simulation Project» [2].

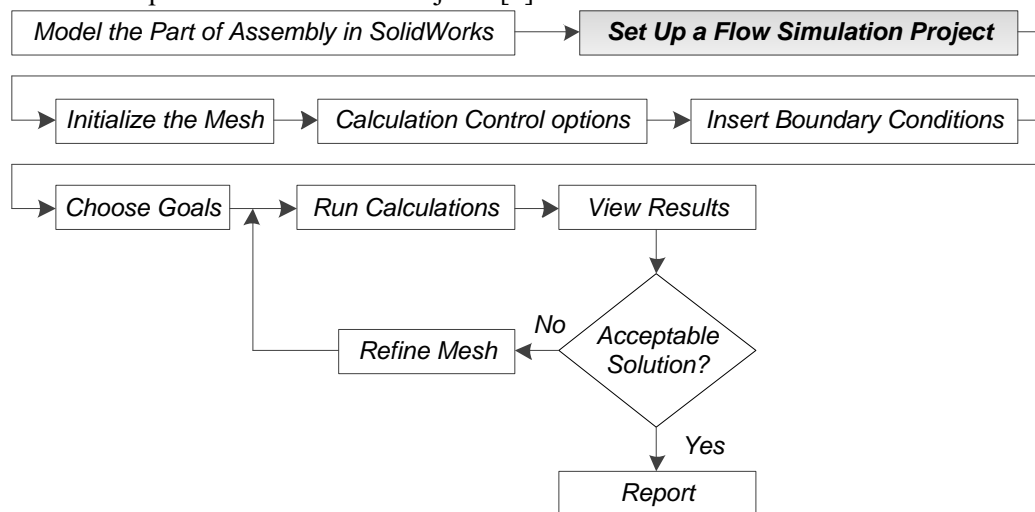


Рисунок 1 – Узагальнена процедура CFD-аналізу аналізу в SolidWorks Flow Simulation [2]

Перш ніж приступити до розгляду параметрів «Set Up a Flow Simulation Project», необхідно наголосити, що всі подальші параметри стосуватимуться режиму роботи CFD-пакету Flow Simulation «Wizard». А отже, користувач повинен першочергово вказати назву проекту, створити коментар (за потреби) і провести конфігурацію – коли для одного й того самого тривимірного макету УЗВ можна створювати довільну кількість проектів з різними параметрами налаштування CFD-пакету. При цьому, конкретній конфігурації надається відповідне ім'я (рис.2,а). Друге, що повинен виконати користувач, це обрати систему вимірювання, а також визначити, в яких одиницях вимірювання будуть відображатися параметри потоку (рис.2,б). За необхідності, користувач може створити власну систему. До прикладу, нами обрано типову для України метричну систему вимірювання SI (m-kg-s).

Розглянемо детально всі параметри налаштування CFD-пакету SolidWorks Flow Simulation (етап «Set Up a Flow Simulation Project») для моделювання гідродинаміки потоку:

1. Параметр «Analysis type» (рис.3,а). Визначає тип задачі CFD-аналізу. Він має два

варіанти: зовнішня (External), стосується випадків дослідження обтікання тіл середовищем, та ефекти, які виникають при цьому; внутрішня (Internal), дослідження течії в середині замкнутого простору, та ефектів, які виникають при цьому. Для моделювання впливу гідродинаміки потоку на УЗВ обирають внутрішню задачу.

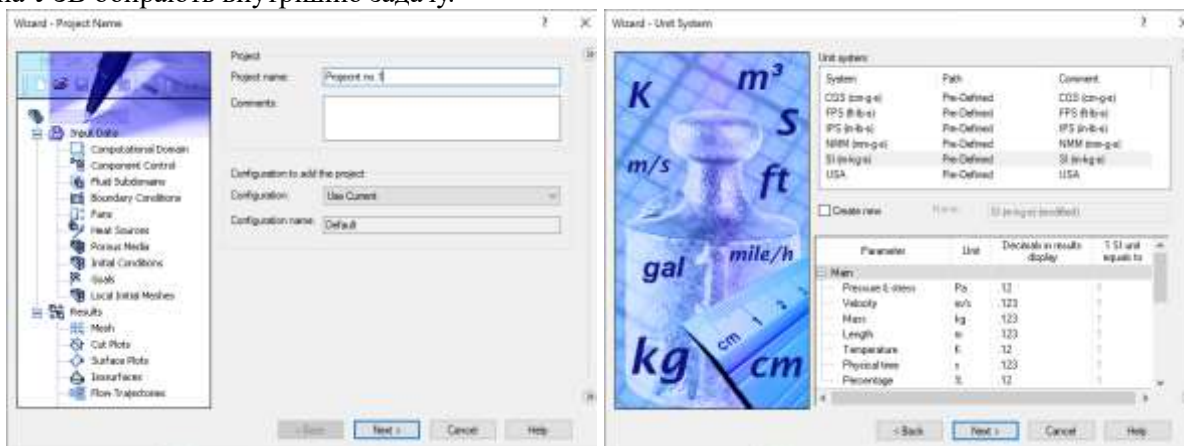


Рисунок 2 – Вікна Flow Simulation Wizard: а) Project Name; б) Unit System

2. Параметр «Physical Features» (рис.3,а). Дозволяє додати до CFD-аналізу різні фізичні явища та процеси, що підвищують точність та реалістичність, а також налаштовують моделювання відповідно до специфічних вимог і умов експлуатації УЗВ. До основних фізичних особливостей, які можуть бути враховані у SolidWorks Flow Simulation 2022 для внутрішньої задачі відносять такі варіанти даного параметру: Fluid Flow – аналіз і прогнозування поведінки рідинних і газових потоків; Conduction – аналіз теплопередачі у твердих тілах та рідинах; Time-dependent – дослідження динамічної поведінки систем, де параметри змінюються з часом; Gravity – врахування гравітаційних сил, що впливають на потік при моделюванні природної конвекції та інших гравітаційних ефектів; Rotating – врахування обертання частин тривимірних макетів, таких як вентилятори, пропелери або турбіни; Free Surface – моделювання поведінки рідини на межі з іншою фазою (наприклад, вода і повітря). Для моделювання УЗВ Flow Simulation автоматично вибирає активним тільки компонент Fluid Flow.



Рисунок 3 – Вікна Flow Simulation Wizard: а) Analysis Type; б) Default Fluid

3. Параметр «Fluids» (рис.3,б). Дозволяє обрати тип середовища, який буде використано під час CFD-аналізу. Серед наявних типів представлено: гази (Gases), рідини (Liquids), неньютонівські рідини (Non-Newtonian Liquids), стисливі рідини (Compressible Liquids), «реальні» гази (Real Gases), пара (Steam). Окрім цього, користувач може створити власний тип середовища. В контексті CFD-аналізу УЗВ, потрібно враховувати їх призначення – якщо вимірювання тільки газових потоків, то обираємо гази (Gases), до прикладу повітря або метан.

4. Параметр «Flow Type» (рис.3,б). Стосується режиму потоку. Для цього параметру передбачено три варіанти: ламінарний (Laminar), ламінарний та турбулентний (Laminar and Turbulent), турбулентний (Turbulent). Для CFD-аналізу УЗВ обираємо «Laminar and Turbulent», адже це одна із основних переваг витратомірів цього типу – одним виконанням працювати в

широкому діапазоні витрат (швидкостей потоку).

5. Параметр «Default Wall Thermal Condition» (рис.4,а). Визначає стандартні теплові умови на стінках геометрії моделі, тобто як буде розраховуватись теплообмін між середовищем та твердими поверхнями тривимірного макету. Ці умови можна налаштувати для усього моделювання або індивідуально для конкретних поверхонь. Основні варіанти цих умов: Adiabatic Wall (адіабатична стінка), коли немає теплового обміну через стінку, тобто тепло не передається через неї; Heat Flux (тепловий потік), коли користувач може задати тепловий потік через стінку (кількість тепла, що передається через одиницю площі за одиницю часу); Specified Temperature або просто Temperature, коли температура стінки задається постійною величиною, і не змінюється протягом моделювання (симуляції); Heat Transfer Rate (швидкість передачі тепла), описує кількість теплової енергії, яка передається через певну поверхню або між об'єктами за одиницю часу. При моделюванні впливу гідродинаміки потоку на похибку УЗВ, рекомендуємо обирати адіабатичну стінку.

6. Параметр «Roughness» (рис.4,а). Використовується для опису шорсткості поверхонь, з якими взаємодіє потік. Він впливає на гідродинамічні властивості потоку, зокрема на коефіцієнт тертя і втрати тиску, що можуть бути критичними для точності моделювання. Імітуючи нове обладнання чи калібрувальну установку для нового УЗВ, рекомендуємо при моделюванні обирати 0 мікрон (мікромметр). Якщо імітуємо «старий» УЗВ, щоб оцінити вплив накипу на похибку вимірювання витрати, то значення шорсткості встановлюється відповідно до певних норм [9]: труба із незначним нальотом іржі (150 мікрон), оцинкована труба (130 мікрон), труба покрита накипом (1250 мікрон) тощо.

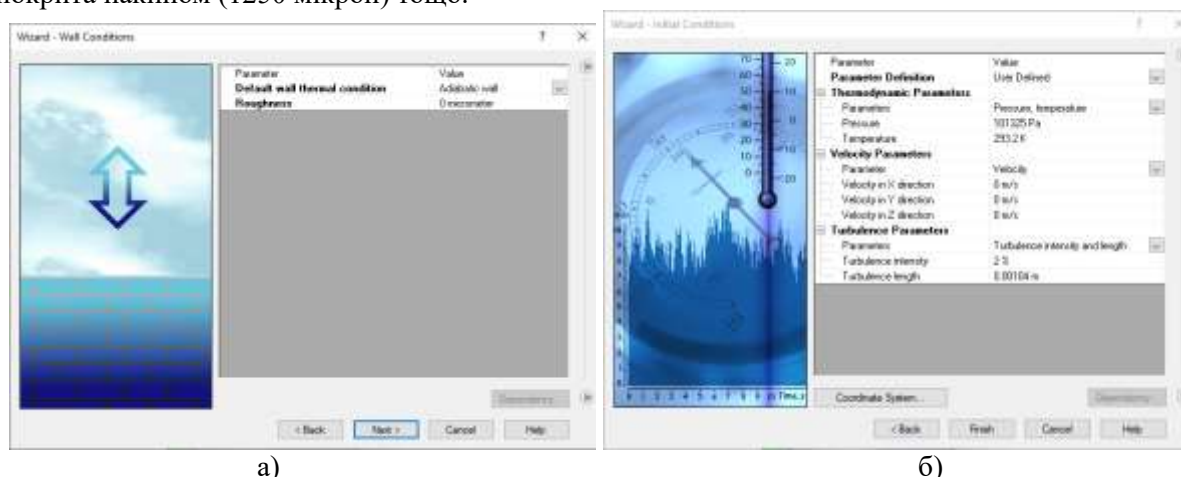


Рисунок 4 – Вікно Flow Simulation Wizard: а) Wall Conditions; б) Initial Conditions

7. Параметр «Thermodynamic Parameters» (рис.4,б). Дозволяє налаштувати основні термодинамічні характеристики потоку, такі як тиск, температура та густина. SolidWorks Flow Simulation надає можливість користувачу обрати початкові або граничні умови для тиску (p), температури (T) і густини (ρ), щоб відобразити реальні умови експлуатації УЗВ. На даному етапі налаштування CFD-аналізу, йде мова саме про початкові умови – вони визначають початковий стан цих термодинамічних параметрів (тиск, температура та густина) у всій області тривимірного макету на старті моделювання, а також впливають на подальший розвиток і динаміку потоку. Користувач задає їх як константи або як залежні від інших змінних (наприклад, температура може змінюватись з часом).

8. Параметр «Velocity Parameters» (рис.4,б). Визначає початковий розподіл швидкості рідини чи газу у просторі (у трьох ортогональних напрямках – X, Y і Z). Варіанти цього параметра: Velocity in X direction (швидкість у напрямку X), задає компоненту швидкості уздовж осі X для всіх точок області моделювання; Velocity in Y direction (швидкість у напрямку Y), задає компоненту швидкості уздовж осі Y для всіх точок області моделювання; Velocity in Z direction (швидкість у напрямку Z), задає компоненту швидкості уздовж осі Z для всіх точок області моделювання. Користувач може вказати окремі значення для кожної компоненти швидкості (X, Y, Z). Значення можуть бути однаковими для всієї області моделювання або змінюватися залежно від просторових координат.

9. Параметр «Turbulence Parameters» (рис.4,б). Надає користувачу кілька компонентів, що визначають початкові умови турбулентного потоку. Це дуже важливі компоненти для моделювання турбулентності в рідині або газі, оскільки вони впливають на точність і стабільність

результатів CFD-аналізу. Компоненти цього параметру:

1. Turbulence Intensity (інтенсивність турбулентності, I), визначає рівень турбулентних флуктуацій швидкості у відсотках від середньої швидкості потоку. Інтенсивність турбулентності 5 % означає, що турбулентні коливання швидкості складають 5 % від середньої швидкості потоку. Це важливий компонент для моделювання обтікання тіл і внутрішніх потоків.

2. Turbulence Length (довжина турбулентності, L), є характеристичною довжиною найбільших вихорів у турбулентному потоці. Якщо довжина турбулентності становить 0,1 м, це означає, що найбільші турбулентні вихори мають розмір приблизно 0,1 м. Важливий компонент для визначення масштабу турбулентних структур у потоці при моделюванні турбулентного розпаду і переміщенні вихорів.

3. Turbulence Energy (енергія турбулентності, k) характеризує кінетичну енергію турбулентних флуктуацій швидкості. Ця енергія вимірюється в Джоулях на кілограм (J/kg) і є мірою інтенсивності турбулентних рухів у потоці. Даний компонент встановлює початок розподілу енергії турбулентних флуктуацій у k-ε і k-ω моделях турбулентності.

4. Turbulence Dissipation (дисипація турбулентності, ε) характеризує швидкість розсіювання енергії турбулентності до менш масштабних вихорів і в'язкої дисипації. Вимірюється в квадратних метрах за секунду в кубі (m²/s³) і визначає, як швидко турбулентна енергія переходить у внутрішню енергію через в'язке розсіювання. Даний компонент встановлює початок розподілу дисипації турбулентної енергії в моделях турбулентності, що враховують процеси розсіювання енергії.

Проблема, яка виникає при виборі цих компонентів, полягає в тому, що користувач має можливість вибрати їх значення як по-замовчуванню, так і власноручно розрахувати [10]. Flow Simulation додатково групує ці компоненти в дві моделі турбулентності, з такими значенням по-замовчуванню [2]:

I-L модель (I = 2 %; L – визначається автоматично за розміром тривимірного макету);

k-ε модель (k = 1 J/kg (m²/s²); ε = 1 W/kg (m²/s³)).

В таблиці 1 зібрано всі параметри налаштування SolidWorks Flow Simulation на етапі «Set Up a Flow Simulation Project» та їх варіанти встановлення.

Таблиця 1 – Параметри налаштування SolidWorks Flow Simulation

№	Назва параметра	Варіанти
1	Analysis type	Internal, External
2	Physical Features	Fluid Flow, Conduction, Time-dependent, Gravity, Rotating, Free Surface
3	Fluids	Gases, Liquids, Non-Newtonian Liquids, Compressible Liquids, Real Gases, Steam
4	Flow Type	Laminar, Laminar and Turbulent, Turbulent
5	Default Wall Thermal Condition	Adiabatic Wall, Heat Flux, Specified Temperature, Heat Transfer Rate
6	Roughness	Roughness
7	Thermodynamic Parameters	тиск, температура, густина
8	Velocity Parameters	Velocity in X direction, Velocity in Y direction, Velocity in Z direction
9	Turbulence Parameters	Turbulence Intensity, Turbulence Length, Turbulence Energy, Turbulence Dissipation

Приклад підбору параметрів налаштування SolidWorks Flow Simulation для моделювання двоканального хордового ультразвукового витратоміра. Продемонструємо підбір описаних вище параметрів налаштування SolidWorks Flow Simulation на конкретному прикладі. Розглянемо випадок моделюванні впливу кута розташування місцевого опору (МО) «два 90° коліна в різних площинах» [9] по відношенню до двоканального хордового УЗВ газу на відстані 0D (рис.5). Параметри налаштування SolidWorks Flow Simulation для цього прикладу наведені в таблиці 2.

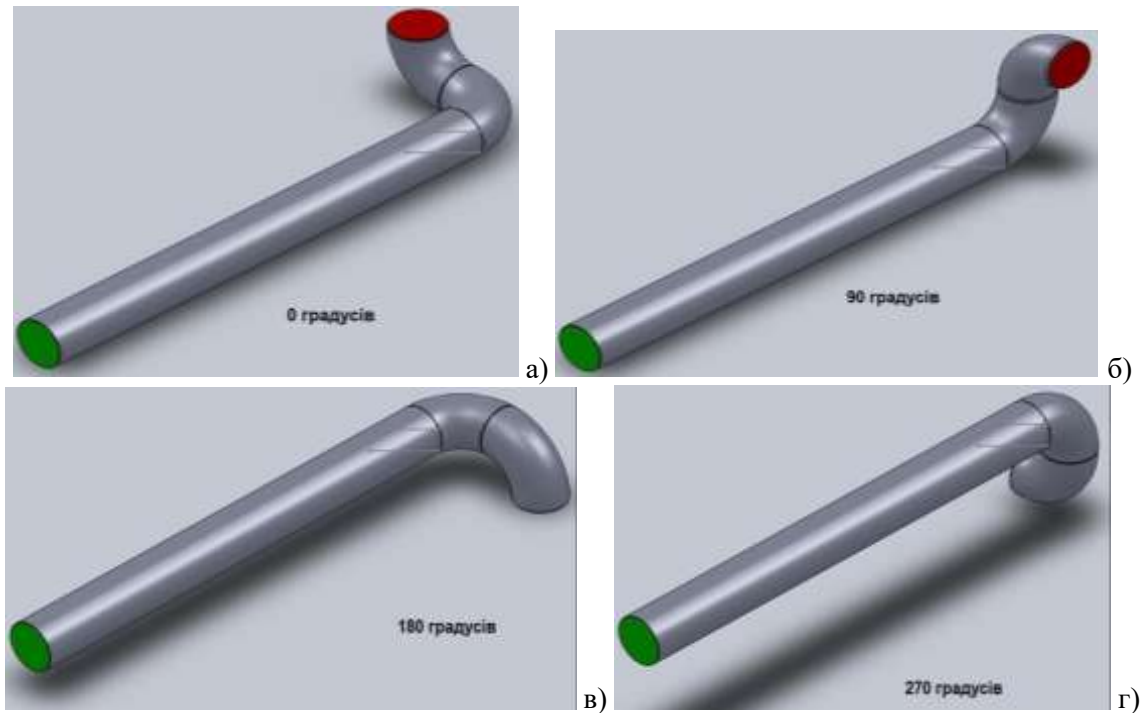


Рисунок 5 – Кут встановлення МО «два 90° коліна в різних площинах» відносно УЗВ:
а) 0°; б) 90°; в) 180°; г) 270°

Таблиця 2 – Приклад налаштування SolidWorks Flow Simulation при моделюванні УЗВ

№	Назва параметра	Значення
1	Analysis type	Internal
2	Physical Features	Fluid Flow
3	Fluids	Gases: Air (повітря)
4	Flow Type	Laminar and Turbulent
5	Default Wall Thermal Condition	Adiabatic Wall
6	Roughness	Roughness = 0 мікрон
7	Thermodynamic Parameters	$p = 101325$ Па, $T = 293,2$ К, ρ – визначається автоматично, і відповідає густині обраного типу газу ($\rho_{\text{повітря}} = 1,204$ кг/м ³)
8	Velocity Parameters	0 м/с, 0 м/с, 0 м/с
9	Turbulence Parameters	$k = 1$ J/kg (м ² /с ²), $\epsilon = 1$ W/kg (м ² /с ³)

Наведемо інші параметри SolidWorks Flow Simulation про які не було сказано в цій роботі, але які важливі для подальшого CFD-аналізу (згідно рис.1) [2, 10, 11]:

- дроблення базової розрахункової сітки на рівні 7 (Initialize the Mesh);
- граничні умови на внутрішніх поверхнях кришок тривимірного макету (Insert Boundary Conditions): масова витрата в діапазоні 0,0013...0,2175 кг/с на вході та статичний тиск 101325 Па на виході;
- акустичні канали УЗВ розміщені на відстані $0,5 * R = 25$ мм відносно осі потоку.

Обробка результатів CFD-моделювання виконується на базі отриманих масивів значень швидкості (u) та густини потоку для всієї множини точок базової розрахункової сітки вздовж імітаторів двох хордових АК УЗВ (рис.8).

Відносна похибка відтворення (вимірювання) витрати двоканального хордового УЗВ газу розраховується за формулою $error = 100(q_{m,CFD} - q_{m,et})/q_{m,et}$, де $q_{m,et}$ – еталонне значення масової витрати, яке вказано на внутрішній поверхні «кришки» тривимірного макету, а $q_{m,CFD}$ – масова витрата УЗВ розрахована як $\pi R^2(w_1 u_{L1} \rho_{L1} + w_2 u_{L2} \rho_{L2})$, де u_{L1} , u_{L2} та ρ_{L1} , ρ_{L2} – усереднені швидкість та густина потоку вздовж АК1 і АК2, отримані за результатами CFD-моделювання. Вагові коефіцієнти АК УЗВ w_1 та $w_2 = 0,5$, а $R = 50$ мм, ϵ внутрішнім радіусом ВТ.

Результати CFD-моделювання похибки $error$ для різних кутів встановлення МО «два 90° коліна в різних площинах» відносно УЗВ наведено на рис.6.

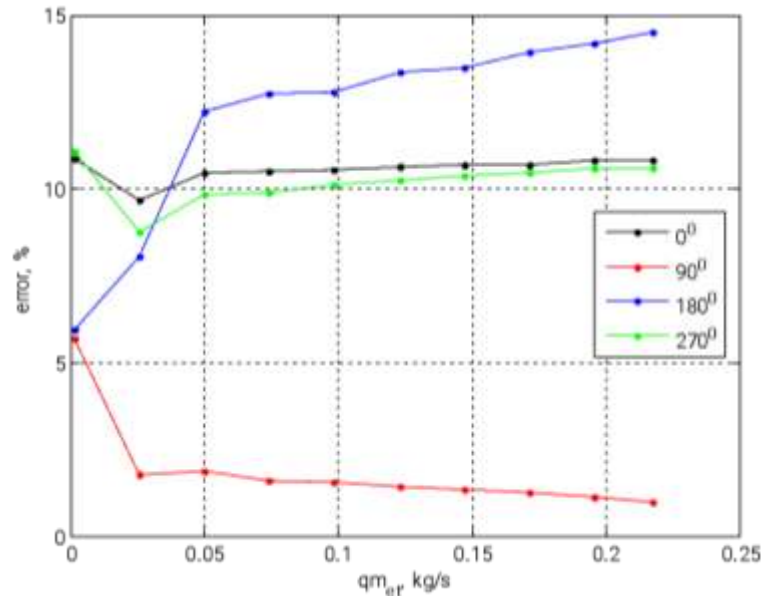


Рисунок 6 – Залежність похибки еггог відносно витрати та кута встановлення МО «два 90° коліна в різних площинах» відносно двоканального хордового УЗВ на відстані 0D

Як видно з рисунку 6, двоканальний хордовий УЗВ особливо чутливий до спотворень структури потоку на низьких витратах (швидкостях потоку). Орієнтація МО «два 90° коліна в різних площинах», а отже структури спотвореного потоку, значною мірою впливає на його похибку і мають такі характеристики впливу: похибки кутів 90 та 180° майже ідентичні за значенням, але протилежні за знаком; похибки кутів 0 та 270° однакові за знаком і за значенням. Зі збільшенням швидкості потоку, вплив спотворень стабілізується, і стає незмінним при одній і тій самій відстані між МО і УЗВ – в цьому, конкретному випадку, це відстань в 0D.

Висновки та подальші дослідження. В роботі детально розглянуто параметри налаштування CFD-паketу SolidWorks Flow Simulation та варіанти їх встановлення. Наведено конкретний приклад підбору параметрів налаштування Flow Simulation для моделювання похибки вимірювання витрати двоканального хордового УЗВ в умовах спотворення структури потоку. Подальша наукова робота, в контексті описаної в роботі тематики, вимагає досліджень впливу варіативності параметрів налаштування Flow Simulation на точність та якість моделювання УЗВ. До прикладу, як впливатиме неадіабатична стінка тривимірного макету на результати моделювання УЗВ, адже такі умови краще наближені до реальних умов експлуатації такого типу витратомірів.

Інформаційні джерела

1. ISO 17089-1:2010 Measurement of fluid flow in closed conduits – Ultrasonic meters for gas. Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement, 2010.
2. J. Matsson, An introduction to SolidWorks Flow Simulation 2023. SDC Publications, 2023.
3. Комп'ютерне моделювання руху повітряних потоків у циклонах / Є. М. Лютий, Л. О. Тисовський, А. В. Ляшеник, В. І. Полоз // Науковий вісник НЛТУ України, 16(7), 2006. – С.143-150. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_7/143_Liutyj_16_7.pdf
4. Батлук В. А., Василів Р. М., Батлук В. В. Дослідження аеродинаміки принципово нової конструкції апарата за допомогою комп'ютерного моделювання. Наукові записки (Українська академія друкарства), 2(14), 2008. С.108-115.
5. Заболотний К. С., Жупієв О. Л., Косенко Ю. О. Розробка методики повірочних розрахунків дискових затворів з використанням пакетів SolidWorks Flow Simulation і SolidWorks Simulation. Віснику машинобудування та транспорту, 2017. С.49-57. <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/95>
6. Роман В. І., Прокопів В. О. Алгоритм побудови тривимірного макету ультразвукового витратоміра для його CFD-аналізу. Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво», 53, 2023. С.300-308. <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2023-53-44>
7. Shaw C. T. Using computational fluid dynamics. Prentice Hall International, 1992.

8. T. Staubli, B. Luscher, F. Senn, M. Widmen “CFD optimized acoustic flow measurement and laboratory verification”, in Proc. International conference “Hydraulics, Water Resources, Coastal and Environmental Engineering (HYDRO-2007)”, Granada, Spain, 2007.

9. Пістун С. П., Лесовой Л. В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. – Львів : Видавництво ЗАТ «ІЕОЕ», 2006. 576 с.

10. Roman V., Matiko F., Kostyk I. Investigation of turbulence parameters influence on the results of CFD modeling of flow in an ultrasonic flowmeter. Journal of Energy Engineering and Control Systems, 7(1), 2021. pp.73-78. <https://doi.org/10.23939/jeeecs2021.01.073>

11. Матіко Ф. Д., Роман В. І., Масняк О. Я. Особливості налаштування CFD-програм для підвищення ефективності моделювання витратомірів. Журнал «Автоматизація технологічних і бізнес-процесів», 9(4), 2017. С.97-104. <https://doi.org/10.15673/atbp.v10i4.827>

Roman V., Masnyak O., Kostyk I.

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

SOLIDWORKS FLOW SIMULATION SET UP PARAMETERS FOR SIMULATING ULTRASONIC FLOW METERS

The article thoroughly examines the parameters for configuring the computer package SolidWorks Flow Simulation at the "Set Up a Flow Simulation Project" stage of the generalized CFD analysis procedure and their setup options. Additionally, the article provides a specific step-by-step example of selecting SolidWorks Flow Simulation parameters for modeling the measurement error of a two-path chordal ultrasonic flowmeter caused by the influence of flow structure distortion (velocity profile) - a typical task when researching this type of flowmeter. Based on the example, it is shown that the installation angle of the pipe fitting "two 90° bends in different planes" relative to the two-path ultrasonic flowmeter significantly affects the flow measurement error, especially at low flow velocities. As the velocity increases, the flow measurement error of the ultrasonic flowmeter stabilizes and almost does not change its value.

Key words: *ultrasonic flowmeter, computational fluid dynamics, set up parameters, SolidWorks Flow Simulation, flow measurement error*