

Praca dyplomowa inżynierska

Wykorzystanie metod CFD do modelowania przepływów dwufazowych płyn-płyn



Autor: Alesia Zhukel

Nr albumu: 280757

Promotor: Dr. inż. Jan Krzysztoforski

Rok akademicki: 2019/2020

Wprowadzenie

Proces mieszania jest jednym z podstawowych procesów we współczesnym przemyśle przetwórczym. Dla opisanego tego procesu często wykorzystywane są komputerowe metody obliczeniowe takie, jak na przykład obliczeniowa mechanika płynów CFD.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest przegląd literatury i zestawienie informacji na temat przepływów dwufazowych płyn-płyn oraz opisanie metod CFD pozwalających na modelowanie tych przepływów na podstawie programu Ansys Fluent. Program ten zawiera pakiety obliczeniowe opisane w tej pracy.

Zakres pracy obejmuje:

- Przegląd literatury,
- Zestawienie modeli burzliwości oraz modeli przepływów dwufazowych,
- Przedstawienie bilansu populacji i metod jego rozwiązywania,
- Modelowanie przykładowych przepływów dwufazowych w Ansys Fluent i przedstawienie wniosków symulacji,
- Przeanalizowanie uzyskanych informacji i przedstawienie wniosków końcowych.

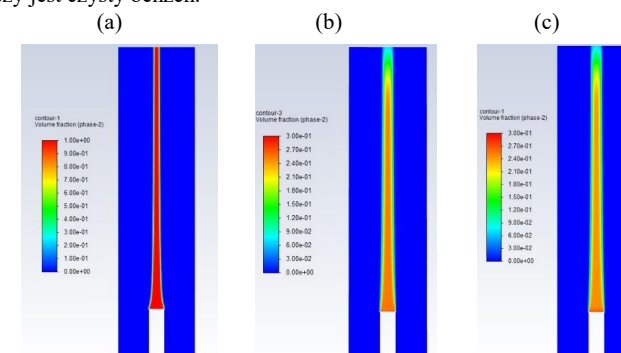
Porównanie metod modelowania przepływów dwufazowych przy pomocy CFD

Przepływy dwufazowe płyn-płyn mogą być opisane przy użyciu odpowiednich równań bilansowych (bilans pędu, energii, masy, populacji fazy rozproszonej), które mogą być rozwiązywane przy użyciu obliczeniowej mechaniki płynów (CFD). Wyróżnia się dwa podstawowe modele - Euler-Euler (VOF, Mixture, Eulerian) i Euler-Lagrange.

Model VOF zawiera najprostsze równania i nadaje się do śledzenia powierzchni międzyfazowej, ale nie nadaje się do układów zawierających kilka tysięcy elementów fazy rozproszonej. Model Mixture jest stosowany w przypadkach występowania szerokiego rozkładu rozmiarów fazy rozproszonej w układzie obliczeniowym, ale nieodpowiedni przy niskim lub umiarkowanym ułamku objętościowym tej fazy. Model Eulerian jest używany do modelowania układów o większym ułamku objętościowym fazy rozproszonej, która może być nierównomiernie rozłożona w różnych częściach modelowanego układu. Model Euler-Lagrange pozwala na modelowanie pojedynczych elementów fazy rozproszonej przy stosunkowo krótkim czasie obliczeń i małej mocy obliczeniowej, natomiast zastosowanie tego modelu jest ograniczone do przypadków, kiedy ułamek objętościowy fazy rozproszonej jest pomijalnie mały.

Modelowanie przykładowych przepływów dwufazowych w Ansys Fluent

Symulacja przykładowych przepływów dwufazowych w programie obliczeniowym Ansys Fluent 19.0 została przeprowadzona za pomocą modelowania dyszy umieszczonej współosiowo w rurze pionowej. Jako przepływ dwufazowy rozważono przepływ woda-benzen. Symulacje zostały przeprowadzone dla trzech różnych modeli wielofazowych – VOF, Mixture oraz Eulerian. Dla modelu Mixture oraz Eulerian przyjęto identyczne warunki przepływu, w tym prędkość fazy ciągłej i fazy rozproszonej, ułamek objętościowy benzenu w fazie rozproszonej na wylocie z dyszy (30% objętościowych benzenu w wodzie w postaci kropelek o średnicy 1 mm). Natomiast symulacja układu przy zastosowaniu modelu VOF jest prowadzona dla warunków bardzo zbliżonych, ale różni się tym, że fazą rozproszoną na wylocie z dyszy jest czysty benzen.



Rys.1. Porównanie rozkładów fazy rozproszonej dla modelu VOF (a), Mixture (b), Eulerian (c)

- W modelu VOF jest dobrze widoczna granica międzyfazowa, natomiast w modelu Mixture i Eulerian granica międzyfazowa jest rozmyta.
- Wyniki symulacji CFD uzyskane przy użyciu modeli Mixture i Eulerian są bardzo zbliżone, zatem w tym przypadku z powodzeniem można stosować prostszy, szybszy model Mixture do symulacji CFD prezentowanego układu.

Wnioski

W pracy została opisana możliwość zastosowania komputerowej metody obliczeniowej CFD do modelowania przepływów dwufazowych oraz zademonstrowano zastosowanie różnych modeli przepływów dwufazowych do symulacji CFD różnych typów przepływów. Wykonanie symulacji pozwoliło na sformułowanie wniosków:

- We wszystkich trzech symulowanych układach strumień fazy rozproszonej zawierający benzen ulegał przyspieszeniu i zwężeniu na wylocie z układu. Wynika to z działania siły wyporu na benzen, ponieważ jego gęstość jest mniejsza od gęstości otaczającej wody.
- Metoda VOF pozwoliła na śledzenie powierzchni międzyfazowej, gdy przy użyciu modeli Mixture i Eulerian była ona mniej widoczna i uległa rozmyciu.
- Wyniki symulacji zostały uzyskane najszybciej przy zastosowaniu modelu Mixture. Również ten model wymagał najmniejszego średniego czasu trwania jednej iteracji. Dla modeli VOF i Eulerian średni czas trwania jednej iteracji był identyczny, natomiast przy użyciu modelu VOF zanotowano większą liczbę iteracji i dłuższy czas obliczeń. Może wynikać to z tego, że wariant VOF nie był w pełni analogicznym do modeli Mixture i Eulerian.