

Wytyczne do opracowania projektu z przedmiotu
Numeryczna mechanika płynów

rok akademicki 2022/2023

Symulacje numeryczne mieszalnika mechanicznego

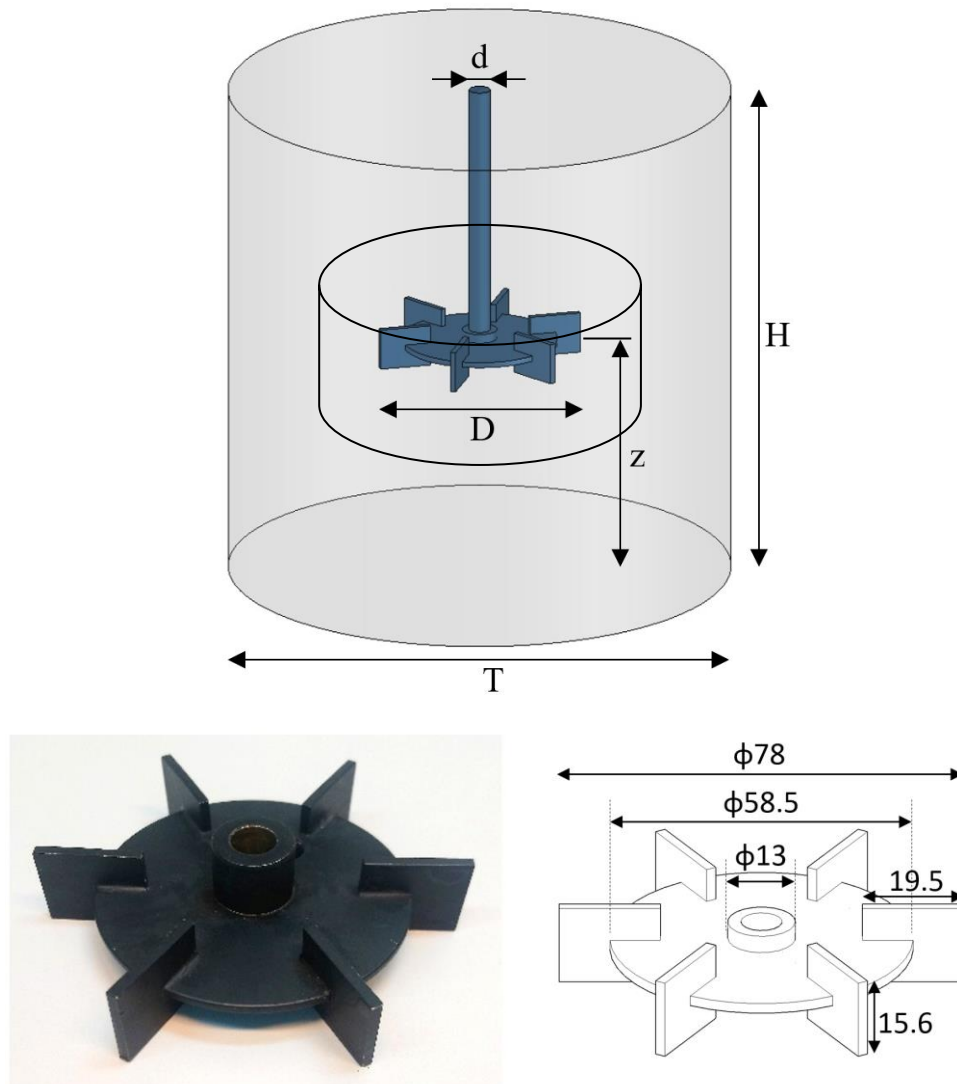
Opracowała
dr inż. Anna Story
Anna.Story@zut.edu.pl

I. Temat projektu:

Zastosowanie numerycznej mechaniki płynów (CFD) do analizy procesu mechanicznego mieszania cieczy w mieszalniku wyposażonym w mieszadło turbinowe Rushtona

II. Cel projektu:

Celem projektu jest przeprowadzenie symulacji numerycznych przepływu cieczy w mieszalniku mechanicznym wyposażonym w mieszadło turbinowe Rushtona, którego schematyczna geometria została pokazana na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat mieszalnika

W analizowanym zagadnieniu przepływowym symulacje numeryczne należy wykonać dwukrotnie, odrębnie dla dwóch różnych cieczy. Będą to: (a) woda, oraz (b) ciecz nienewtonowska o ściśle określonych parametrach. Dokładne parametry geometryczne mieszalnika, wymagania dotyczące siatki numerycznej, właściwości materiałów oraz parametry procesowe niezbędne do przeprowadzenia symulacji numerycznych są indywidualne (każdy student otrzymuje własny zestaw danych) i zostały zestawione w Tabeli 1.

III. Prace w ramach projektu:

W ramach projektu studenci zobowiązani są:

- a) narysować geometrię układu (domeny obliczeniowej) o zadanych w treści projektu wymiarach (*program Ansys DesignModeler*),
- b) wygenerować siatkę numeryczną o zadanych parametrach oraz zweryfikować jej jakość (*program Ansys Meshing*),
- c) zdefiniować ustawienia solvera oraz przeprowadzić symulacje numeryczne (*program Ansys Fluent*),
- d) odczytać i przedstawić w formie graficznej wyniki symulacji numerycznych (*program Ansys Fluent*), przeanalizować je i zakończyć wnioskami,
- e) opracować pisemną wersję projektu, w której zawarty będzie wstęp teoretyczny, a także opisane będą poszczególne etapy jego realizacji zgodne z powyższymi punktami a) – d),
- f) przechowywać pliki zawierające analizowane zagadnienie aż do momentu uzyskania oceny – pliki także będą weryfikowane.

IV. Układ projektu:

Projekt ma być redagowany zgodnie z wymaganiami redakcyjnymi (typ i wielkość czcionek, marginesy, itp.) stawianymi pracom dyplomowym na WTiCh ZUT w Szczecinie (wtiich.zut.edu.pl/strona-studenta/dyplomowanie/prace-dyplomowe.html). Projekt ma składać się z następujących części:

STRONA TYTUŁOWA

STRESZCZENIE PRACY I SŁOWA KLUCZOWE

SPIS TREŚCI

1. Wstęp i cel projektu
2. Część literaturowa
 - 2.1. Podstawy numerycznej mechaniki płynów
 - 2.2. Proces mieszania
 - 2.3. Mieszanie w mieszalnikach mechanicznych
3. Część projektowa
 - 3.1. Założenia projektowe
 - 3.2. Geometria domeny obliczeniowej
 - 3.3. Siatka numeryczna
 - 3.4. Metodyka symulacji numerycznych
 - 3.5. Przedstawienie i analiza wyników
4. Podsumowanie i wnioski
5. Spis literatury

V. Jakie informacje zawrzeć w poszczególnych rozdziałach projektu:

2. Część literaturowa

- 2.1. **Podstawy numerycznej mechaniki płynów** – należy opisać podstawowe informacje dotyczące techniki CFD, etapową strukturę analizy, podać podstawowe równania, wymienić wady i zalety, itp.
- 2.2. **Proces mieszania** – należy podać podstawowe definicje (np. co to jest mieszanie), poruszyć zagadnienie mieszania cieczy, wskazać różne metody realizacji procesu mieszania.
- 2.3. **Mieszanie w mieszalnikach mechanicznych** – należy skupić się na opisie mieszalników mechanicznych (zbiorników wyposażonych w obracające się mieszadła), które są tematem projektu. W szczególności należy: (a) uwzględnić różne konstrukcje (typy) mieszadeł oraz wskazać, jak wpływają one na hydrodynamikę cieczy w mieszalniku, gdzie znajdują zastosowanie, (b) opisać podstawowe charakterystyki procesu (np. moc mieszania, czas mieszania, itp.)

Uwaga! Powyższe trzy rozdziały są propozycją możliwą do zrealizowania, tzn. można je zastąpić innymi rozdziałami – ważne, aby w części literaturowej znalazły się informacje dotyczące dwóch zagadnień: CFD oraz mechanicznego mieszania cieczy.

W części literaturowej muszą znajdować się odnośniki do cytowanej literatury!

3. Część projektowa

- 3.1. **Założenia projektowe** – parametry geometryczne mieszalnika, wymagania dotyczące siatki numerycznej, właściwości materiałów oraz parametry procesowe niezbędne do przeprowadzenia symulacji numerycznych, Tabela 1
- 3.2. **Geometria domeny obliczeniowej** – podać, w jakim programie narysowano geometrię cyklonu oraz jego końcowy wygląd (rysunek, 2-3 rzuty).
- 3.3. **Siatka numeryczna** – podać, w jakim programie wygenerowano siatkę, rodzaj siatki, kształt i liczbę elementów siatki, przeprowadzić analizę jakości siatki (histogram, wartości liczbowe), przedstawić końcowy wygląd siatki (rysunek).
- 3.4. **Metodyka symulacji numerycznych** – należy szczegółowo opisać kolejne kroki prowadzenia symulacji numerycznych od momentu wczytania siatki numerycznej do programu Fluent, aż do zakończenia procesu iteracji. Między innymi będzie to sprawdzenie raportów dot. jakości siatki, definiowanie modeli, definiowanie materiałów z uwzględnieniem właściwości fizykochemicznych, wybór typów warunków brzegowych dla stref i powierzchni z uwzględnieniem zadawanych wartości parametrów procesowych, określenie kryteriów zbieżności, inicjalizacja procesu oraz uruchomienie obliczeń. Należy podać ilość przeprowadzonych iteracji oraz pokazać rysunek z przebiegiem residuów.
- 3.5. **Przedstawienie i analiza wyników** – wyniki symulacji należy przedstawić w formie graficznej, zgodnie z wymaganiami określonymi w punkcie VII niniejszego opracowania. Bardzo ważnym aspektem jest analiza uzyskanych wyników – nie wystarczy jedynie wkleić i podpisać rysunków, należy je przeanalizować i opisać uzyskane wyniki słownie.

4. **Podsumowanie i wnioski** – podsumować co zrobiono w ramach projektu, co otrzymano w wyniku prac i zakończyć wnioskami. Wnioski mają dotyczyć procesu mieszania i hydrodynamiki cieczy w mieszalniku: wartości uzyskanych prędkości, porównania procesu realizowanego dla dwóch różnych cieczy, a nie numerycznej mechaniki płynów.
5. **Spis literatury** – w spisie musi znaleźć się każdy materiał źródłowy, z którego korzystano podczas opracowywania projektu, w tym: książki, publikacje, instrukcje oprogramowania, strony internetowe, itp. Wykaz cytowanej w pracy literatury może być zestawiony w porządku alfabetycznym (wówczas źródła cytujemy jako: (Nazwisko i in. 2022)) lub w kolejności cytowania w tekście pracy (wówczas źródła cytujemy jako: [1]).

VI. Informacje dodatkowe

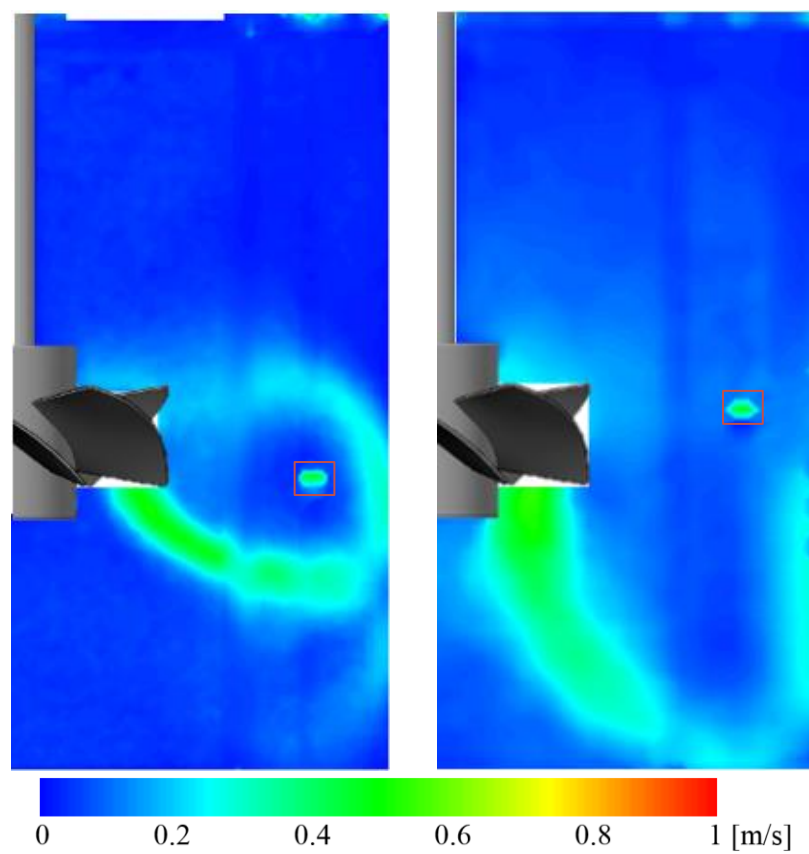
1. Wszystkie rysunki i tabele mają być ponumerowane według kolejności ich występowania w tekście oraz podpisane.
2. Proszę pamiętać o częstym zapisywaniu postępów prac.
3. Projekt należy wydrukować i złożyć do oceny w formie nieoprawionej – całość może być spięta spinaczem, zszywaczem lub włożona w jedną koszulkę/teczkę/skoroszyt. Proszę nie wkładać pojedynczych kartek w pojedyncze koszulki.

VII. Polecana literatura:

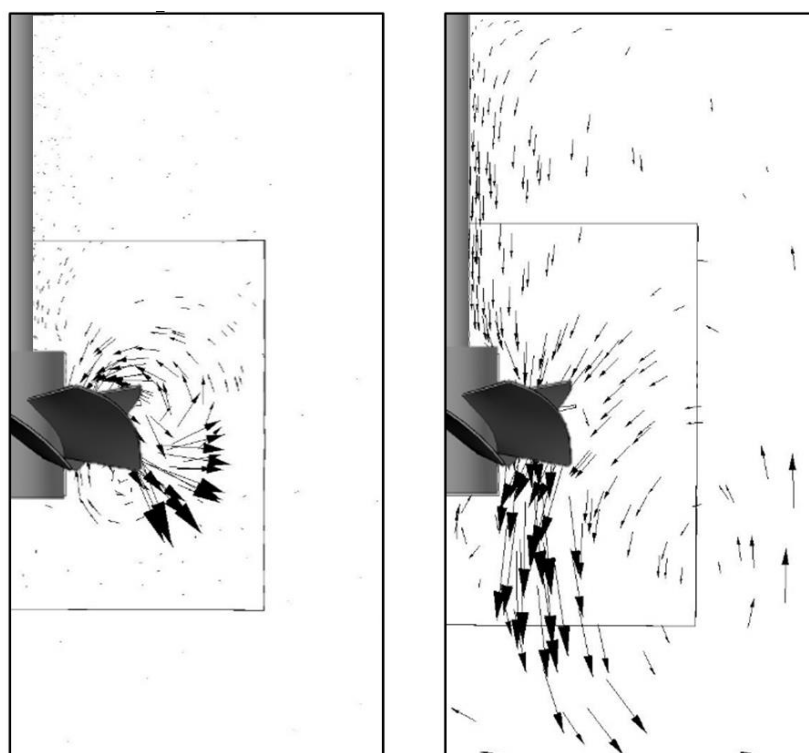
- [1] Z. Jaworski, Numeryczna mechanika płynów w inżynierii chemicznej i procesowej, EXIT, Warszawa 2005
- [2] F. Stręk, Mieszanie i mieszalniki, WNT, Warszawa 1981.

VIII. Wyniki proszę przedstawić jako:

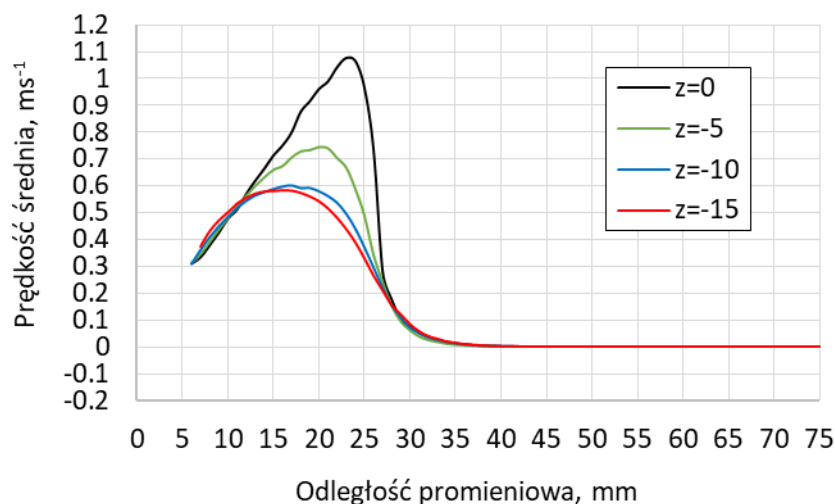
1. **Mapy (kontury) prędkości średniej (*velocity magnitude*)** w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu dla wody i cieczy nienewtonowskiej.
2. **Wektory prędkości średniej (*velocity magnitude*)** w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu dla wody i cieczy nienewtonowskiej.
3. **Profile prędkości średniej wody i cieczy nienewtonowskiej wzdłuż promienia aparatu na 5 wysokościach:**
 - a) na wysokości zawieszenia mieszadła,
 - b) na dwóch wysokościach poniżej mieszadła,
 - c) na dwóch wysokościach powyżej mieszadła.



Rysunek 1. Mapy prędkości średniej w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu



Rysunek 2. Wektory prędkości średniej w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu



Rysunek 3. Profile prędkości średniej (dwa wykresy – osobno dla każdej cieczy)

Tabela 1. Indywidualne dane projektowe

Parametry geometryczne			
Parametr		Symbol	Wartość
średnica wału mieszadła		d	9 mm
średnica mieszalnika		T	
wysokość słupa cieczy		H	H = T
wysokość zawieszenia mieszadła		z	z = 0,5 H
Strefa MRF powinna być umieszczona symetrycznie wokół mieszadła z cylindrycznym brzegiem w połowie odległości między ścianą mieszalnika, a brzegiem łopatki oraz wysokością równą 3 wysokościom łopatki mieszadła.		-	-
Parametry siatki numerycznej			
Kształt komórek numerycznych	tetraedryczne	Ilość komórek numerycznych	min. 200 000
Ustawienia solvera i parametry procesowe			
Częstość obrotów mieszadła	N [rpm]		
Model burzliwości	k-epsilon, typ: RNG		funkcje przyścienne: standardowe
Ciecz nienewtonowska	Spełnia prawo Herschela-Bulkleya		$\tau_y =$ $K =$ $n =$

Imię i Nazwisko

nr albumu: XXXX
kierunek studiów: Inżynieria Chemiczna i Procesowa
forma studiów: studia stacjonarne

ZASTOSOWANIE NUMERYCZNEJ MECHANIKI PŁYNÓW (CFD) DO ANALIZY PROCESU MECHANICZNEGO MIESZANIA CIECZY W MIESZALNIKU WYPOSAŻONYM W MIESZADŁO TURBINOWE RUSHTONA

Projekt realizowany w ramach przedmiotu
Numeryczna mechanika płynów

pod kierunkiem:

dr inż. Anny Story
Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej

Szczecin, czerwiec 2023