

Wytyczne do opracowania projektu z przedmiotu
Numeryczna mechanika płynów

rok akademicki 2022/2023

Symulacje numeryczne odpylacza cyklonowego

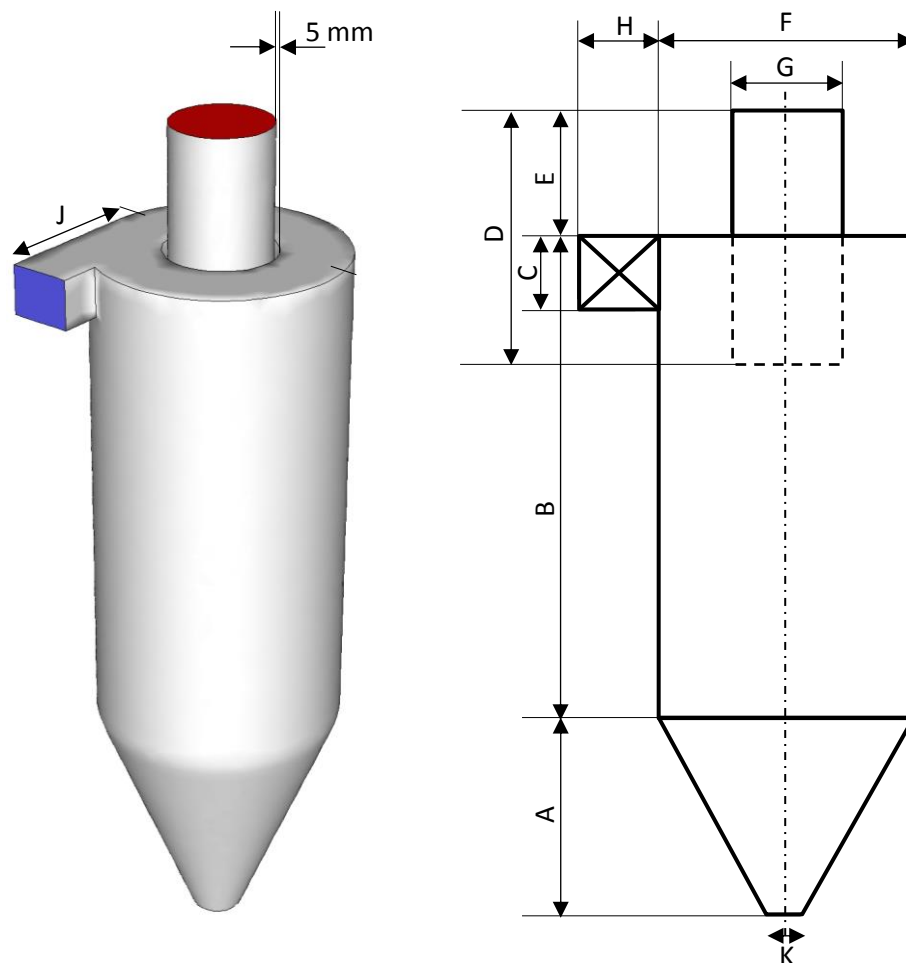
Opracowała
dr inż. Anna Story
Anna.Story@zut.edu.pl

I. Temat projektu:

Zastosowanie numerycznej mechaniki płynów (CFD) do analizy procesu oczyszczania powietrza w odpylaczu cyklonowym

II. Cel projektu:

Celem projektu jest przeprowadzenie symulacji numerycznych przepływu mieszaniny gaz – ciało stałe przez odpylacz cyklonowy, którego schematyczna geometria została pokazana na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat odpylacza cyklonowego

W analizowanym zagadnieniu przepływowym fazę ciągłą będzie stanowiło powietrze. Fazą rozproszoną (zanieczyszczeniem) będą natomiast cząstki antracytu o ściśle określonej średnicy. Dokładne parametry geometryczne cyklonu, 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. Odpylanie gazów
 - 2.3. Odpylacze odśrodkowe – konstrukcje, mechanizm i sprawność opylania
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. **Odpylanie gazów** – należy podać podstawowe definicje (np. pył, odpylanie), poruszyć problem odpylania gazów, wskazać różne metody odpylania gazów.

2.3. **Odpylacze odśrodkowe – konstrukcje, mechanizm i sprawność opylania** – należy skupić się na opisie odpylaczy odśrodkowych (cyklonów), które są tematem projektu. W szczególności należy uwzględnić konstrukcje cyklonów (ich budowę), mechanizm odpylania (ruch gazu i ruch ziaren), czynniki wpływające na sprawność odpylania.

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 odpylania w cyklonach. **W części literaturowej muszą znajdować się odnośniki do cytowanej literatury!**

3. Część projektowa

3.1. **Założenia projektowe** – parametry geometryczne cyklonu, 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 odpylania:

przepływu gazu/ciała stałego przez cyklon, wartości uzyskanych prędkości, ciśnienia (spadku ciśnienia), 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

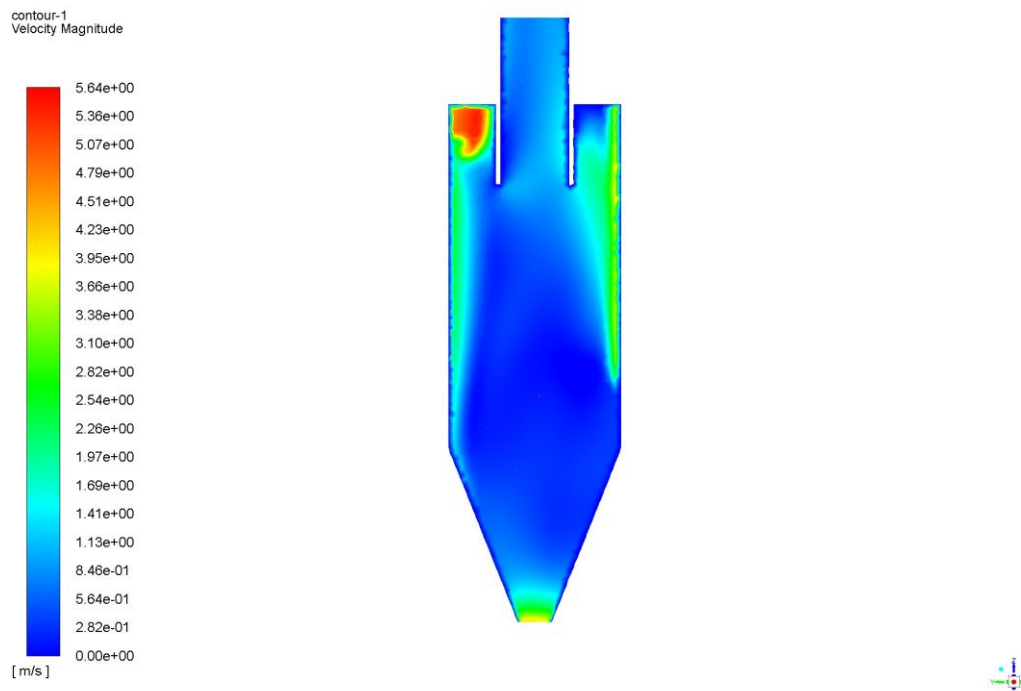
1. Wszystkie rysunki i tabele mają być ponumerowane według kolejności ich występowania w tekście oraz podpisane.
2. Proszę pamiętać o częstym zapisywaniu postępów prac.
3. Projekt należy wydrukować i złożyć do oceny w formie nieoprawionej – całość może być spięta spinaczem, zszywaczem lub włożona w jedną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

VII. Polecana literatura:

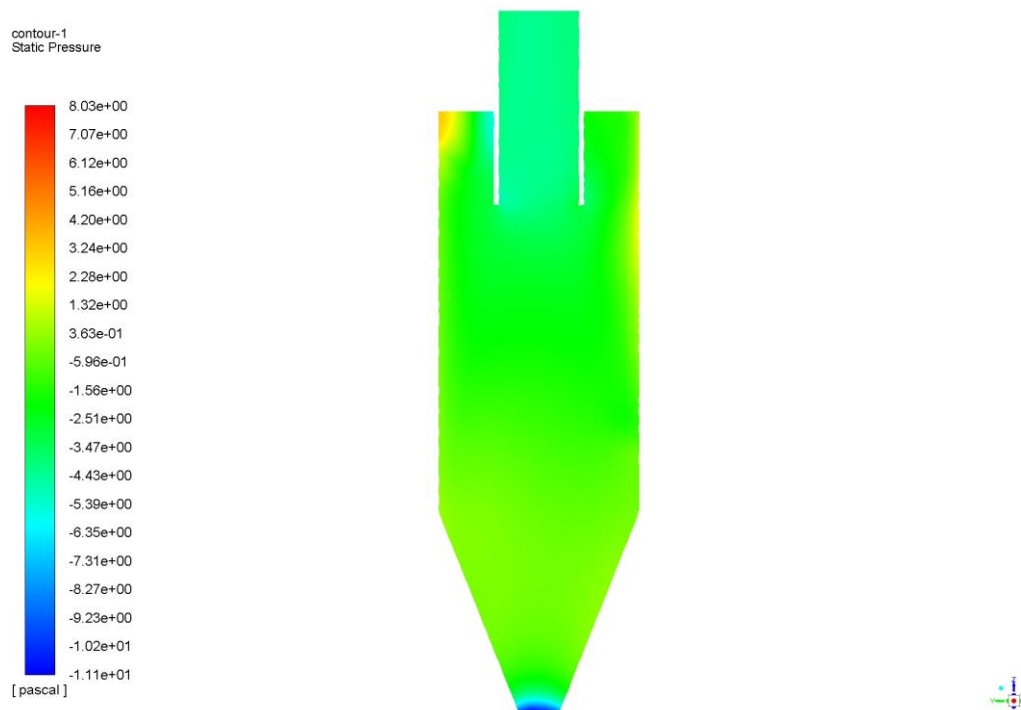
- [1] Z. Jaworski, Numeryczna mechanika płynów w inżynierii chemicznej i procesowej, EXIT, Warszawa 2005
- [2] P. Kabsch, Odpylanie i odpylacze, tom 1, WNT, Warszawa 1992
- [3] J. Warych, Oczyszczanie gazów. Procesy i aparatura, WNT, Warszawa 1998
- [4] J. Warych, Procesy oczyszczania gazów, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1999
- [5] C.S. Rao, Environmental Pollution Control Engineering, Wiley&Sons, New Delhi 1991

VIII. Wyniki proszę przedstawić jako:

1. **Mapy (kontury) prędkości średniej (*velocity magnitude*)** w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu.
2. **Mapy (kontury) ciśnienia (statycznego lub absolutnego)** w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu.
3. **Wartość ciśnienia (analogicznego jak wyżej) na dwóch powierzchniach:** wlocie do cyklonu oraz wylocie znajdującym się na dole aparatu – w celu obliczenia spadku ciśnienia w aparacie. Wskazówki dot. Odczytu: *Results* → *Reports* → *Surface Integrals, Report Type* – *Facet Average, Field Variable* – *Pressure...* i *Static/Absolute Pressure, Surface* – *Wlot, Compute* – odczytać wartość dla wlotu, następnie zmienić *Surface* – *wylot-dust, Compute* – odczytać wartość dla dolnego wylotu.
4. **Linie prądu (*pathlines*)**. Wskazówki dot. ustawień: zaznaczyć *Draw Mesh* i ustawić widoczne krawędzie zewnętrzne cyklonu, *Style* – *line, Step Size (m)* – 0,005, *Steps* – 10000, *Path Skip* – 0, *Path Coarsen* – 10, *Color by* – *Velocity...* i *Velocity Magnitude, Release from Surfaces* – *wlot*.
5. **Trajektorie cząstek (*particle tracks*)**. Wskazówki dot. ustawień: zaznaczyć *Draw Mesh* i ustawić widoczne krawędzie zewnętrzne cyklonu, *Track Style* – *lines, Color by* – *Velocity...* i *Velocity Magnitude, Skip* – 0, *Coarsen* – 10, *Release from Injections* – *injection-0, Save/Display*.

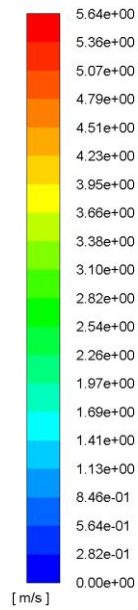


Rysunek 1. Mapy prędkości średniej w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu



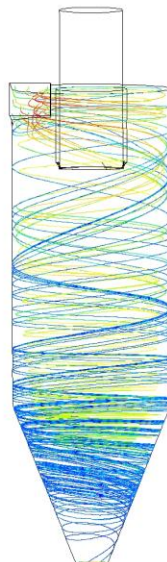
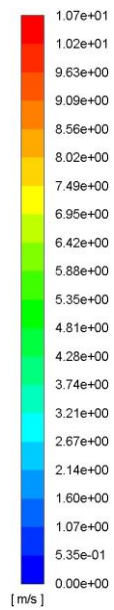
Rysunek 2. Mapy ciśnienia statycznego w płaszczyźnie przechodzącej przez środek aparatu

pathlines-1
Velocity Magnitude



Rysunek 3. Linie prądu

particle-tracks-1
Velocity Magnitude



Rysunek 4. Trajektorie cząstek

Tabela 1. Indywidualne dane projektowe

Parametry geometryczne			
Parametr		Symbol	Wartość
wysokość części stożkowej		A	
wysokość części cylindrycznej		B	
wysokość wlotu zapyłonego powietrza		C	
wysokość rury odprowadzającej czyste powietrze		D	
wysokość D wystająca ponad część cylindryczną		E	
średnica cyklonu		F	
średnica rury odprowadzającej czyste powietrze		G	
szerokość wlotu zapyłonego powietrza		H	
długość wlotu zapyłonego powietrza (liczona od osi aparatu)		J	
średnica rury odprowadzającej pył		K	
Parametry siatki numerycznej			
Kształt komórek numerycznych	tetraedryczne	Ilość komórek numerycznych	min. 200 000
Ustawienia solvera i parametry procesowe			
Faza ciągła	powietrze	prędkość [m/s]	u =
		parametry fizykochem.	jak w programie
Modele	model burzliwości	k-epsilon, typ: RNG	funkcje przyścienne: standardowe
	model fazy dyskretnej	interakcje z fazą ciągłą oraz update co każde 10 iteracji	wybrać <i>Injections...</i> i <i>Create...</i> w celu zdefiniowania fazy rozproszonej (szczegóły poniżej)
Faza rozproszona	antracyt, cząstki inertne o jednorodnym rozkładzie średnic	Typ i miejsce dozowania	typ: z powierzchni (surface), miejsce: wlot do cyklonu
		prędkość [m/s]	u_p =
		średnica [m]	d =
		całkowite masowe natężenie przepływu [kg/s]	m =
	<i>Boundary Conditions</i>	dla wylotu uaktywniła się zakładka <i>DPM</i>	wybrać typ: <i>reflect</i>

Imię i Nazwisko

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

ZASTOSOWANIE NUMERYCZNEJ MECHANIKI PŁYNÓW (CFD) DO ANALIZY PROCESU OCZYSZCZANIA POWIETRZA W ODPYLACZU CYKLONOWYM

Projekt realizowany w ramach przedmiotu
Numeryczna mechanika płynów

pod kierunkiem:

dr inż. Anny Story
Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej

Szczecin, czerwiec 2022