

Model numeryczny mieszalnika fazy ciekłej

Numerical model of liquid phase mixer

BARTOSZ MOCZULAK
WOJCIECH MIĄSKOWSKI
KRZYSZTOF NALEPA
JAKUB JASIŃSKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.82>

Przedstawiono tok postępowania podczas modelowania zjawisk zachodzących w mieszalniku cieczy. Omówiono zagadnienia związane z opisem numerycznym zjawisk zachodzących w tego typu konstrukcjach, przedstawiono sposób modelowania procesu mieszania dla jednego rodzaju cieczy z analizą kilku rodzajów ramion mieszających oraz wyniki badań symulacyjnych.

SŁOWA KLUCZOWE: mieszalnik, symulacja, CFD

Presented is the course of conduct during modeling of phenomena occurring in a mixer intended for mixing liquids. Issues related to the numerical description of phenomena occurring in this type of constructions are discussed, the method of modeling the mixing process for one type of liquid by the analysis of several types of mixing arms is presented and the results of simulation research are discussed.

KEYWORDS: mixing tank, simulation, CFD

Mieszanie to proces, którego celem jest uzyskanie jednorodnej struktury w środowisku wielofazowym. Mieszanie umożliwia przenoszenie ciepła i/lub masy pomiędzy jednym lub większą liczbą strumieni, składników lub faz [1, 2].

Dobór odpowiedniego mieszalnika wymaga znajomości wielu zagadnień związanych z teorią mieszania, m.in. stopnia zmieszania, efektywności oraz intensywności mieszania [3]. Dobrym rozwiązaniem w przypadku projektowania mieszalników jest wykorzystanie analizy numerycznej, która pozwala analizować wiele konfiguracji po relatywnie niskich kosztach.

Celem badania jest opracowanie uproszczonego modelu numerycznego mieszalnika, który pozwoli na wstępną ocenę możliwości różnych konfiguracji wirnika w odniesieniu do przybliżonego procesu mieszania.

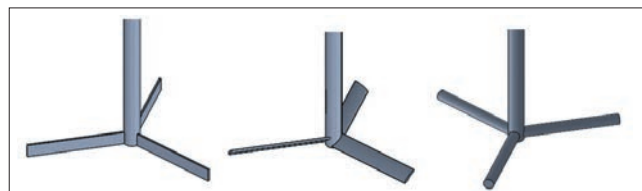
Artykuł powstał na bazie zapytania pochodzącego z branży przemysłowej, które dotyczyło stworzenia uproszczonego modelu numerycznego mieszalnika w oparciu o programy komercyjne. Uproszczony model nume-

ryczny ma służyć do oceny pracy i zmian zachodzących w procesie mieszania z zachowaniem możliwości różnych konfiguracji konstrukcji mieszadła oraz geometrii zbiornika.

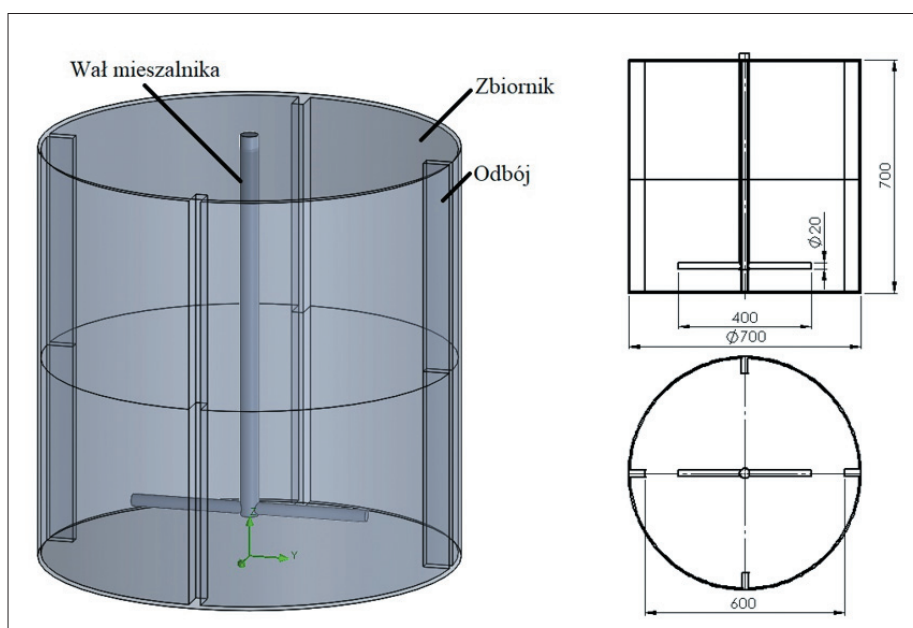
Prace doświadczalno-badawcze zostaną przeprowadzone przez kadrę zatrudnioną w zakładzie, o różnych kwalifikacjach, co uwarunkowało poziom zaawansowania i złożoności modelu numerycznego oraz wybór oprogramowania wykorzystywanego w firmie.

Analiza numeryczna

Podczas analizy numerycznej mieszalnika wykorzystano geometrię przedstawioną na rys. 1. W jej skład wchodzi: wał mieszalnika osadzony koncentrycznie względem osi zbiornika oraz osadzone na ścianach wewnętrznych zbiornika odboje (przegrody), których głównym zadaniem jest wyeliminowanie powstawania leja podczas mieszania.

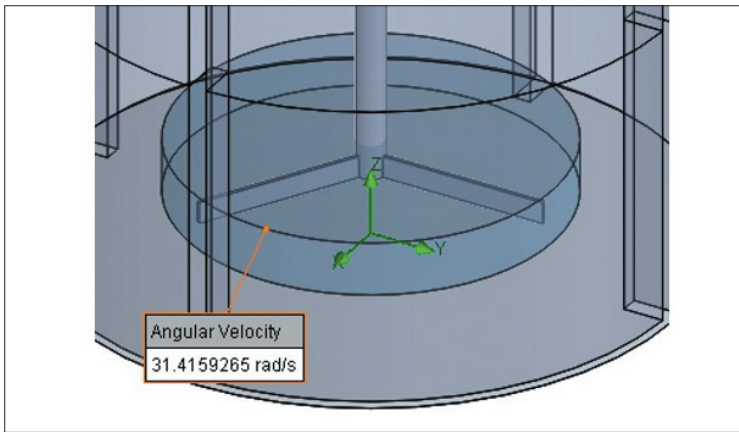


Rys. 2. Zastosowane trzy rodzaje wirników mieszadła: (od lewej) mieszadło turbinowe, mieszadło śmigłowe, mieszadło z łopatkami walcowymi

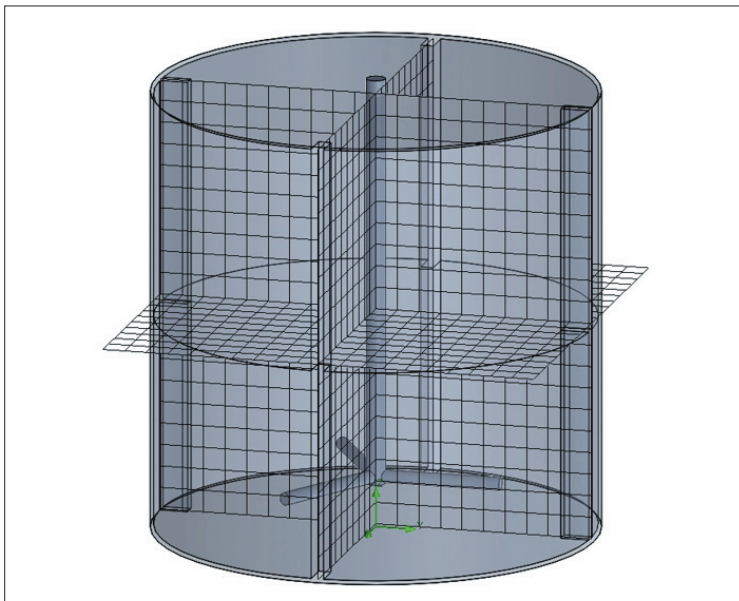


Rys. 1. Model geometryczny mieszalnika wraz z ogólnymi wymiarami

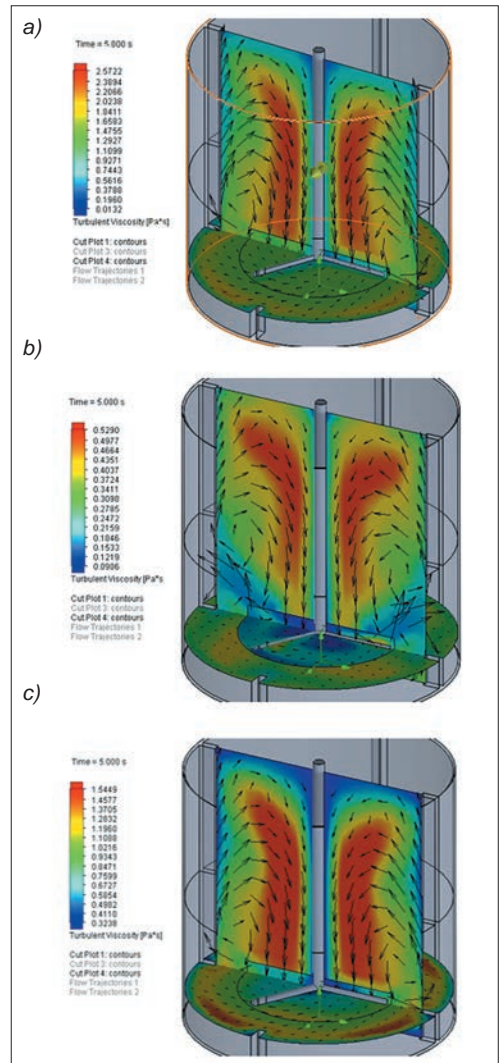
* Mgr inż. Bartosz Moczulak (bartosz.moczulak@uwm.edu.pl), dr inż. Wojciech Miąskowski (wojmek@uwm.edu.pl), dr inż. Krzysztof Nalepa (nalepka@uwm.edu.pl), inż. Jakub Jasiński (jasiorro@gmail.com) – Wydział Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego



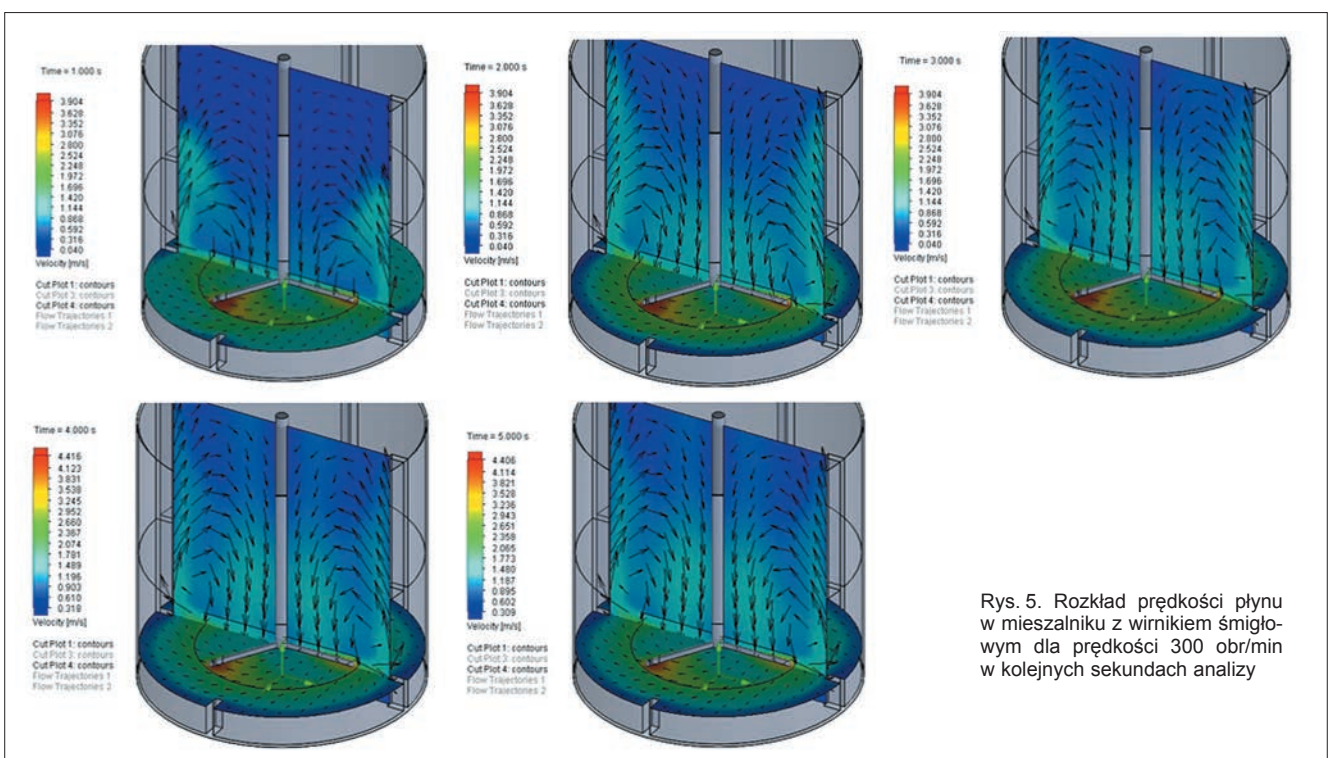
Rys. 3. Region obrotowy zastosowany w symulacji



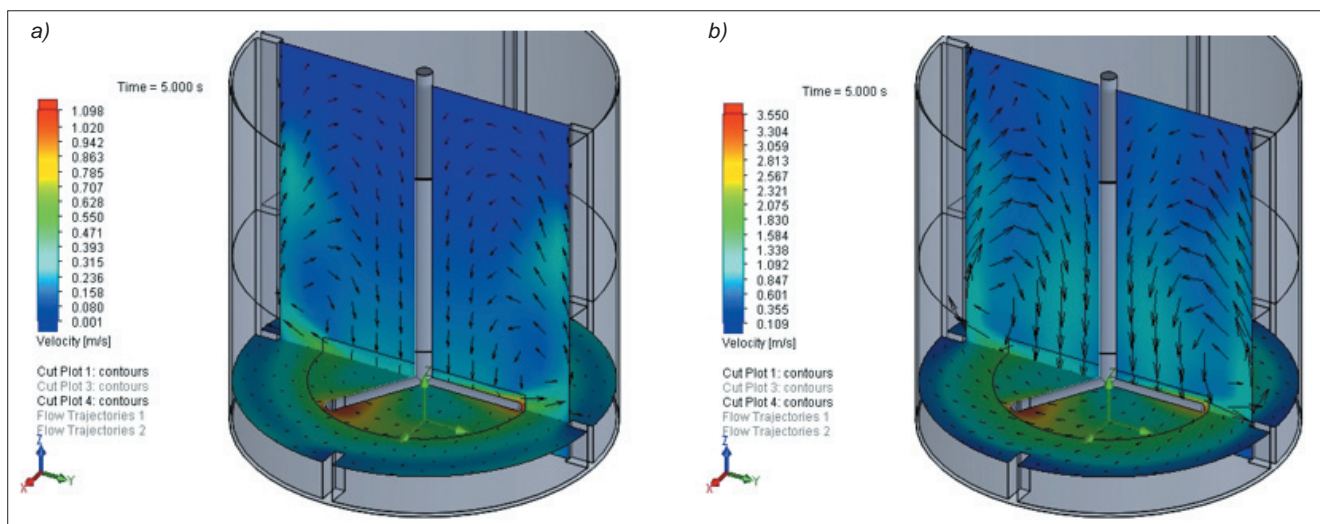
Rys. 4. Siatka zastosowana w badaniu



Rys. 6. Rozkład turbulenty lepkości w mieszalniku przy prędkości 300 obr/min dla wirnika: a) łopatkowego, b) śmigłowego, c) walcowego



Rys. 5. Rozkład prędkości płynu w mieszalniku z wirnikiem śmigłowym dla prędkości 300 obr/min w kolejnych sekundach analizy



Rys. 7. Rozkład prędkości płynu w płaszczyźnie osi oraz płaszczyźnie wirnika walcowego dla prędkości: a) 100 obr/min, b) 300 obr/min

Jako wstępne założenie przyjęto analizę poszczególnych konfiguracji dla procesu mieszania jednej fazy ciekłej (w tym wypadku wody). Konfiguracje wirnika odnosiły się do różnych rodzajów łopatek oraz liczby obrotów, by pozwolić na oszacowanie wpływu zmian geometrii wirnika i prędkości obrotowej na proces mieszania (rys. 1 i 2).

Analizę numeryczną mieszalnika przeprowadzono w środowisku Solid Works z dodatkiem Flow Simulation. Podczas analizy przyjęto tryb obliczeń przepływu wewnętrzznego, z uwzględnieniem grawitacji oraz czasu. Do obliczeń przyjęto:

- czas procesu mieszania 5 s i krok czasowy 0,1 s,
- warunki brzegowe: ciśnienie w zbiorniku 101325 Pa, temperatura 273 K.

Z uwagi na wirujący element, zdecydowano o wykorzystaniu opcji Rotating Regions, która umożliwia odzwierciedlenie wirującego wirnika w modelu [4] (rys. 3).

Zastosowaną siatkę przedstawiono na rys. 4. W celu uproszczenia modelu jako medium w domenie obliczeniowej przyjęto jednorodną fazę (wodę). Jako kryterium oceny zmian powstających na skutek obracania się wirnika przyjęto wyświetlanie wyników rozkładu prędkości płynu oraz rozkładu turbulentnego lepkości medium, które w sposób wybrany przedstawiono na rys. 5–7.

Wyniki symulacji komputerowej

W pierwszej kolejności skupiono się na rozkładzie prędkości płynu dla jednego rodzaju wirnika oraz jednej prędkości obrotowej. Wyniki zestawiono na rys. 5 – odpowiednio co 1 s. Jako prędkość obrotową przyjęto 300 obr/min. Rozkład prędkości rozchodzenia się płynu przyjmuje postać przedstawioną na rys. 5. Widoczne jest unoszenie się tzw. kłębow podczas mieszania.

Na rys. 6 zestawiono przykładowe wyniki przedstawiające rozkład turbulentny lepkości w mieszalniku przy prędkości 300 obr/min dla wybranych rodzajów wirnika.

Rozkłady turbulentne lepkości płynu przyjmują postać zgodną z przewidywaniami. Można zaobserwować wyraźne różnice w rozkładach lepkości dla wybranych wirników, co świadczy o poprawnym charakterze przeprowadzonych obliczeń uwzględniających wpływ geometrii na charakter przepływu medium.

Na rys. 7 zestawiono wyniki przedstawiające rozkład prędkości mieszającego się płynu dla wybranego wirnika

przy różnych prędkościach obrotowych. Można zaobserwować wyraźny wzrost prędkości mieszanego medium, widoczny na wykresach przedstawiających zarówno rozkład, jak i wartości prędkości.

Podsumowanie

Na podstawie wybranych wyników symulacji mieszania można stwierdzić, że uproszczony model mieszalnika uwzględnia zmianę geometrii wirnika oraz zmianę zadanej prędkości obrotowej wału. Obserwowane różnice zmian rozkładów lepkości i prędkości czynnika świadczą o poprawnym przyjęciu warunków symulacji. W artykule ograniczono się do prezentacji wybranych rozkładów prędkości dla przykładowych geometrii mieszadła i prędkości obrotowych.

Przedstawiony model numeryczny mieszadła pozwala w sposób uproszczony, szybki oraz zrozumiały dla docelowego zespołu projektantów zweryfikować wprowadzane zmiany konstrukcyjne w budowie i zasadzie działania mieszalnika. Wybór środowiska obliczeniowego pozwala na przeprowadzanie symulacji przepływu i jednocześnie tworzenie niezbędnej dokumentacji technicznej poszczególnych podzespołów. Dzięki dostępowi do wielu ustawień symulacji docelowa grupa odbiorców ma możliwość przeprowadzenia symulacji numerycznej dla mediów o różnych właściwościach fizycznych.

Kolejnym etapem badań będzie walidacja wyników symulacji komputerowej na stanowisku badawczym oraz zwiększenie funkcjonalności działania modelu numerycznego poprzez umożliwienie symulacji przepływu dwu- lub wielofazowego czynników o różnych właściwościach fizycznych, np. dwóch faz ciekłych lub fazy ciekłej i drobinek ciał stałych.

LITERATURA

1. Stręć F. „Mieszanie i mieszalniki”. Warszawa: WNT, 1981.
2. Shao T., Hu Y., Wang W., Jin Y., Cheng Y. “Simulation of Solid Suspension in a Stirred Tank Using CFD-DEM Coupled Approach”. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 2013.
3. <https://mech.pg.edu.pl/documents/4555684/4565480/mc.pdf> (dostęp: 30.03.2018).
4. Samouczek SolidWorks.