

Streszczenie popularnonaukowe

Proces mieszania w nieruchomym lub wolno poruszającym się płynie, bez działania z zewnątrz zwykle przebiega bardzo powoli. Dzieje się tak, ponieważ proces ten jest zdominowany przez dyfuzję molekularną, brakuje w nim natomiast efektów konwekcyjnych. Dobrym przykładem jest rozpuszczanie cukru w kawie, które bez zewnętrznego wymuszenia (mieszania łyżeczką) może trwać nawet kilka dni.

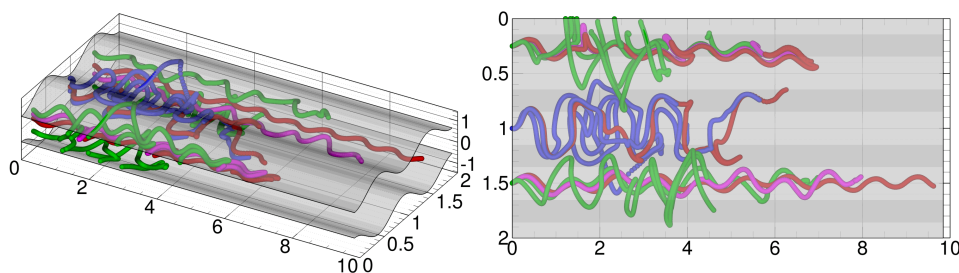
Ogólnym sposobem intensyfikacji mieszania jest doprowadzenie przepływu do stanu burzliwego (turbulentnego). Turbulizacja przepływu jest jednak trudna do uzyskania w przypadku przepływów powolnych i zachodzących w małej skali, których fizyka zdominowana jest przez zjawiska lepkie. Przepływy takie charakteryzuje niska liczba Reynoldsa. Z drugiej strony 'brutalna' turbulizacja może być nieporządna np. w sytuacji gdy zawieszona w płynie substancja jest bardzo wrażliwa na duże i szybkozmienne naprężenia ścinające. Rozwiązaniem pośrednim, często stosowanym w praktyce, jest wymuszenie warunków tzw. laminarnego mieszania. Warunki takie można uzyskać poprzez zastosowanie kanałów o złożonym kształcie a także stosując rozmaite przegrody lub generatory wirów. Prowadzi to jednak do znaczącego wzrostu oporów hydraulicznych.

Przedmiotem badań przedsięwziętych w projekcie jest intensyfikacja mieszania laminarnego niewymagająca ingerencji w przepływ i odznaczająca się małymi stratami hydraulicznymi. Metoda ta polega na wykorzystaniu niestabilności hydrodynamicznych wywołanych przez odpowiednie ukształtowanie geometrii obszaru przepływu, których efektem jest powstanie nowej formy, bardziej złożonej i sprzyjającej intensyfikacji procesów transportu.

Proponowany projekt dotyczy badań nad stabilnością przepływu pomiędzy dwoma pofalowanymi ścianami. Okazuje się, że odpowiednio dobrane pofalowanie prowadzi do wzrostu zaburzeń już przy niewielkich liczbach Reynoldsa i jednocześnie do pewnego zmniejszenia oporów hydraulicznych. Możliwe staje się więc intensyfikowanie mieszania przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów działania urządzenia.

Celem projektu jest zbadanie warunków, przy których w przepływie powstawać mogą pożądane zaburzenia. Badane będą różne mechanizmy destabilizacji. Po pierwsze, przyjrzymy się niestabilnościom w zakresie małych zaburzeń, czyli opisanych teorią liniową. Po drugie, badane będą zjawiska przejściowe, tzn. poszukiwać będziemy zaburzeń optymalnych, czyli takich które charakteryzuje maksymalne wzmocnienie w określonym z góry czasie. W końcu, przeprowadzone zostaną symulacje komputerowe z których dowiemy się jak wybrane zaburzenia ewoluują poza zakres liniowy (przestają być małe) i w jaki sposób zmieniają one przepływ wyjściowy.

Ocena intensyfikacji mieszania w przepływie wymaga wprowadzenia odpowiednich kryteriów ilościowych. Kryteria takie można zdefiniować w oparciu o analizę kinematyki tego przepływu, tzn. badanie względnej zmiany położenie unoszonych przez niego „biernych znaczników”. Rysunek 1 przedstawia ślady utworzone przez takie znaczniki wstrzyknięte do niestacjonarnego przepływu w określonych, stałych położeniach. Przepływ realizowany jest przy liczbie Reynoldsa wynoszącej 80, a jego forma wynika z samoistnego wzrostu początkowo niewielkiego zaburzenia. Interesujące jest to, że pomimo niskiej liczby Reynoldsa przepływ wykazuje na tyle dużą złożoność, że ślady wstrzykiwanych blisko siebie znaczników rozbiegają się.



Rysunek 1: Ślady utworzone przez wstrzykiwanie do niestacjonarnego przepływu znacznika w określonych pozycjach. Przepływ laminarny, liczba Reynoldsa wynosi 80.