

Analiza przepływów turbulentnych z fazą dyspersyjną - wpływ dwustronnego sprzężenia pędu oraz grawitacji na statystyki ruchu cząstek

W środowisku naturalnym powszechnie obserwujemy ruch mas powietrza, który niesie ze sobą krople chmurowe, kryształki lodu lub płatki śniegu. Dobrze znanym, rosnącym problemem jest obecność w atmosferze pyłu zawieszonego oraz smogu, których źródłem jest tzw. niska emisja. Nawet pustynne burze piaskowe lub unoszone wiatrem popioły wulkaniczne mogą niekiedy wpływać na pogodę w naszej strefie klimatycznej. Z kolei ruchowi cieczy w zbiornikach wodnych, morzach i oceanach często towarzyszy transport drobnych zawiesin lub osadów. Kropłom cieczy lub drobinom ciał stałych, których rozmiary wynoszą najczęściej ułamek milimetra, nadajemy wspólną nazwę cząstek. Ruch cieczy lub gazu często ma złożony i nieuporządkowany charakter, nazywany burzliwym lub turbulentnym. Z tego względu jego opis matematyczny napotyka na duże trudności a obliczenia numeryczne są bardzo kosztowne. W tym celu używa się najszybszych dostępnych obecnie superkomputerów. Podobnie jak w środowisku naturalnym, przepływy z cząstkami występują licznie także w różnych branżach przemysłu oraz dziedzinach pokrewnych, związanych z energetyką czy motoryzacją. Przykładami takich zastosowań są: efektywne spalanie pyłu węglowego w kotłach energetycznych, transport pneumatyczny w rurociągach, spalanie mieszanki paliwowo-powietrznej w silnikach, filtrowanie cząstek stałych (sadzy, popiołów) ze spalin, czy też rozpylanie nawozów i środków ochrony roślin.

Celem projektu jest rozwinięcie metod obliczeniowych dla przepływów z cząstkami, przy czym badane będą w szczególności sytuacje, w których cząstki zderzają się i mogą łączyć się ze sobą.

Wpływ na ruch cząstek ma także przyspieszenie ziemskie. Co więcej, w przepływach turbulentnych obserwujemy grupowanie cząstek w przestrzeni, co wpływa na częstotliwość zderzeń oraz na prędkość ich opadania w polu grawitacyjnym. Dodatkowo turbulencja wpływa na oddziaływanie aerodynamiczne pomiędzy poszczególnymi cząstkami, a także pomiędzy całymi ich skupiskami. Mimo wieloletnich badań, obserwacji i pomiarów tworzących bogatą literaturę naukową, ilościowy opis tych mechanizmów pozostaje niepełny. Badania eksperymentalne są trudne, gdyż przepływy te cechują się szerokim zakresem skal przestrzennych i czasowych. Ponadto aparatura pomiarowa ma swoje ograniczenia w zakresie precyzyjnego pomiaru położenia i prędkości cząstek w trójwymiarowej przestrzeni w tym samym czasie. W przypadku badania procesów chmurowych dodatkową trudnością jest wykonywanie pomiarów bezpośrednio w chmurze. Pomiarzy za pomocą radarów nie pozwalają uzyskać pożądanej dokładności. Z tych względów, z pomocą przychodzą metody obliczeniowe. W prezentowanym projekcie do modelowania matematycznego procesów transportu cząstek zastosujemy wydajne komputery o wielu procesorach.

Ważnym wyzwaniem, które podejmiemy w badaniach będzie uwzględnienie wpływu ruchu cząstek na przepływ turbulentny. Wpływ taki jest widoczny wtedy, gdy masa zawartych w płynie cząstek jest dostatecznie duża, przy czym ich objętość pozostaje niewielka. Dysponujemy zaawansowanym kodem obliczeniowym, który rozbudujemy o moduł pozwalający na ujęcie tego efektu. Dodatkową częścią projektu będzie oszacowanie wpływu małych struktur wirowych na ruch cząstek. W obliczeniach przepływów w dużej skali lub też w urządzeniach o skomplikowanej geometrii, struktury takie z konieczności się pomija.

Dokładna analiza mechanizmów transportu turbulentnego będzie ważnym zadaniem o charakterze poznawczym. Zdobyta wiedza może przyczynić się także do ulepszenia innych narzędzi obliczeniowych stosowanych w skali uśrednionej. Pozwoli to na lepszą kontrolę wcześniej wspomnianych procesów przemysłowych, umożliwi ich optymalizację, projektowanie nowych urządzeń oraz – co ważne dla nas wszystkich – opracowanie dokładniejszych prognoz pogody poprzez bardziej precyzyjne przewidywanie powstawania opadu z kropel chmurowych lub kryształków lodu.