



Dr Ewa Szymanek

Rozmowa z autorką pracy:

„Modelowanie numeryczne i analiza przepływu ciepła i masy w materiałach o strukturze granularnej”

Jak rozpoczęła się Pani przygoda z Inżynierią?

Z wykształcenia jestem matematykiem (UP Kraków), ale zawsze interesowały mnie aspekty aplikacyjne. Zagadnieniem związanym z materiałami granularnymi zaczęłam się zajmować, gdy zaraz po studiach trafiłam do pierwszej grupy badawczej (Politechnika Częstochowska). Potem był moment szukania „swojego miejsca w nauce” i decyzja o rozszerzeniu badań nad materiałami granularnymi (oprócz eksperymentu i modeli matematycznych) o symulacje numeryczne.

Czy mogłaby Pani przybliżyć nam wagę zagadnienia będącego przedmiotem pracy?

Praca doktorska poświęcona została modelowaniu oraz analizie procesów przepływu ciepła i masy przez złoża materiałów granularnych i nad powierzchniami o stosunkowo skomplikowanej geometrii. Są to zagadnienia przepływowe, których poprawne modelowanie wymaga stosowania zaawansowanych metod numerycznych. Ze względu na skomplikowaną geometrię złożeń granularnych proces generowania siatek obliczeniowych jest trudny i niezwykle czasochłonny. Aby przezwyciężyć tę trudność, opracowano algorytm obliczeniowy, który łączy metodę zanurzonego brzegu (Immersed Boundary, IB) z algorytmem obliczeniowym dedykowanym analizom przepływów z niską liczbą Macha, w którym dyskretyzacja przestrzenna jest wykonywana za pomocą metod kompaktowych wysokiego rzędu na siatkach częściowo przesuniętych. Zastosowanie metody IB pozwoliło na wykonywanie symulacji na siatkach kartezjańskich, co wykluczyło konieczność generowania siatek obliczeniowych dopasowanych do powierzchni stałych.

Czy poprawnie działający model będzie miał wpływ na praktykę inżynierską?

Zdecydowanie tak. W przeciwieństwie do komercyjnych lub typowych programów obliczeniowych opartych na metodzie objętości skończonej, które wykorzystują głównie schematy aproksymacji drugiego rzędu, metoda dyskretyzacji zastosowana w tej pracy została oparta na schematach kompaktowych szóstego rzędu i schematach WENO piątego rzędu. W konsekwencji, nawet jeśli zmniejszenie dokładności rozwiązania w pobliżu powierzchni ciała stałego jest nieuniknione w przypadku podejścia IB-VP, schematy wyższego rzędu pozwalają na uzyskanie wysokiej dokładności daleko od obiektów stałych. Słabością metod wyższego rzędu jest to, że stają się niestabilne, gdy domena przepływu jest lokalnie nieciągła. Wykazano jednak, że sformułowany algorytm był stabilny w różnych przypadkach, nawet w konfiguracjach z gęsto upakowanymi złożami i dużymi różnicami temperatur. Takie zachowanie przypisuje się efektowi stabilizującemu uzyskanemu dzięki przesunięciu węzła ciśnienia i interpolacji składowych prędkości. Niewątpliwie zaproponowana metoda ułatwi pracę, chociażby ze względu na różnice, które wpływają na czas otrzymania

rozwiązania. Z jednej strony mamy czas obliczeniowy, a z drugiej należy wziąć pod uwagę cały koszt czasowy przygotowania danego przypadku obliczeniowego. Wykorzystując zaproponowaną w pracy metodę, preprocessing zajmuje zdecydowanie mniej czasu, co może zrekompensować czasem nieznacznie dłuższy czas samej symulacji.

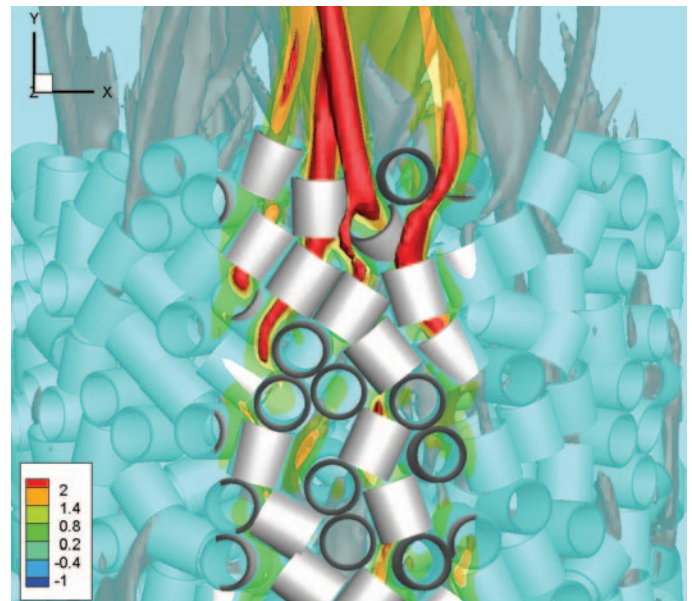
Czy możliwa byłaby realizacja Pani badań bez oparcia się na infrastrukturze Cyfronetu?

Bez możliwości korzystania z infrastruktury Cyfronetu realizacja moich badań byłaby niemożliwa. Jako członek zespołu badawczego dysponowałam grantem obliczeniowym i mogłam prowadzić symulacje badanych procesów, które były bardzo wymagające obliczeniowo ze względu na swoją złożoność. Superkomputery umożliwiają znaczące skrócenie czasu wykonywania obliczeń, co w moim przypadku niewątpliwie ułatwiło równoległe badania eksperymentalne. Dużym plusem jest również możliwość korzystania ze szkoleń oraz profesjonalna i szybka pomoc w rozwiązywaniu problemów.

Jakie było największe wyzwanie, które napotkała Pani podczas realizacji doktoratu?

Niewątpliwie wyzwaniem było wykazanie, że stosowana metoda zanurzonego brzegu (Immersed Boundary) pozwala na prawidłowe odzwierciedlenie globalnych i lokalnych zmian temperatury i prędkości powodowanych przez objekty stałe, uwzględniając drobnoskalowe struktury przepływu w bezpośrednim ich sąsiedztwie. Jednocześnie należało pokazać, że algorytm obliczeniowy stworzony w oparciu o połączenie metody zanurzonego brzegu z metodą dyskretyzacji kompaktowej wysokiego rzędu, dla której niezależność rozwiązania od gęstości siatki obliczeniowej uzyskuje się przy niewielkiej liczbie węzłów, jest stabilny i efektywny.

Dziękujemy.



Izopowierzchnie prędkości osiowej dla temperatury elementów złoża wynoszącej 473 K i liczbie Reynoldsa $Re = 1000$