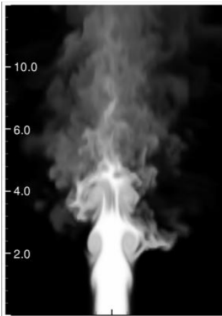


Globalna niestabilność przepływów i jej potencjalne zastosowania

Pomimo wielu lat badań przepływów turbulentnych, ich własności nie są dostatecznie znane. Przepływy turbulentne są nadal aktywnym polem prac naukowych w wielu ośrodkach badawczych. Najbardziej charakterystyczną cechą przepływów turbulentnych jest obecność struktur o bardzo szerokim zakresie skal długości i czasu. Z powodu wieloskalowego charakteru tego zjawiska matematyczne modelowanie przepływów turbulentnych jest bardzo złożone. Numeryczne rozwiązanie nieliniowych równań różniczkowych opisujących dynamikę wszystkich skal przepływu wymaga bardzo długiego czasu obliczeniowego oraz ogromnych pojemności pamięci, przekraczających wielokrotnie możliwości nawet największych dostępnych obecnie komputerów. Badania teoretyczne wykazały jednak, że jedynie duże struktury wirowe obecne w przepływie turbulentnym są zależne od typu oraz geometrii obszaru przepływu, natomiast struktury drobnoskalowe, odpowiedzialne za dyssypację energii turbulencji w ciepło, mają charakter izotropowy i uniwersalny. Ta cecha przepływów turbulentnych stała się źródłem idei opisu przepływu turbulentnego przy pomocy metody Symulacji Wielkich Wirów, zgodnie z którą jedynie duże struktury wirowe opisane są równaniami ruchu, które można rozwiązać numerycznie, stosując siatki o ograniczonym rozmiarze. Wpływ struktur drobnoskalowych, tzw. struktur podsiatkowych, na dynamikę przepływu jest opisany przez dodanie dodatkowych składników do równań ruchu, co nie wymaga nadmiernego zagęszczania siatki. Ponieważ struktury drobnoskalowe są uniwersalne, taki model podsiatkowy jest niezależny od typu przepływu. Szczególnie złożoną strukturą przepływu charakteryzują się przepływy z przejściem laminarno-turbulentnym, w których początkowo laminarny przepływ traci swoją stabilność i przechodzi stopniowo w stan przepływu turbulentnego. W procesie przejścia laminarno-turbulentnego w pierwszej kolejności powstają duże koherentne struktury wirowe, które następnie rozpadają się w struktury o coraz mniejszych skalach. Szczególnie interesująca jest sytuacja, gdy nowo powstałe struktury wpływają na obszar, w którym powstają kolejne struktury wirowe, prowadząc do pewnego rezonansu lub oscylacji samowzbudnych. W warunkach rezonansu oscylacje przepływu są okresowe, bardzo silne i obejmują znaczący obszar przepływu. Oscylacje tego typu nazywają się modami globalnymi lub niestabilnością globalną. Globalna niestabilność prowadzi do maksymalnego, możliwego w danych warunkach przepływu, wzmocnienia struktur wirowych bez zewnętrznego źródła energii. Oznacza to, że globalna niestabilność może być wykorzystana w urządzeniach technicznych, w których ważna jest intensywność mieszania składników lub wymiany ciepła.



Na rysunku po lewej stronie pokazano przykład niestabilnej globalnie strugi. Zauważyć można, że struga ta w niewielkiej odległości od dyszy rozpada się w mniejsze struktury przepływu. Niestabilność globalna może wystąpić również w wielu innych typach przepływów, powszechnie stosowanych w komorach spalania silników lotniczych, turbin gazowych lub reaktorach chemicznych. Prace teoretyczne pokazały, że niestabilności tego typu podlegają również pojedyncze i podwójne strugi pierścieniowe, strugi zawirowane i przeciwpądowe. Na rysunku poniżej pokazano przykład palnika gazowego, w którym występują wszystkie wymienione typy przepływów. Globalne oscylacje mogą spowodować idealne wymieszanie paliwa z utleniaczem oraz spalinami, prowadząc w konsekwencji do istotnego zmniejszenia emisji tlenków azotu.

Projekt badawczy ma na celu przeprowadzenie badań przy pomocy zaawansowanej teorii stabilności oraz wykonanie obliczeń przy zastosowaniu metody Symulacji Wielkich Wirów w takich przepływach. Wyniki badań przyczynią się do lepszego zrozumienia mechanizmów niestabilności. Wiedza ta w przyszłości będzie mogła być wykorzystana w projektowaniu komór spalania i reaktorów chemicznych o podwyższonej sprawności oraz obniżonej emisji składników toksycznych w produktach spalania.

