

Streszczenie

Przepływy atmosferyczne obejmują szeroką gamę ruchów płynów, występujących w różnych skalach czasowych i przestrzennych. Są one napędzane przez różnorodne mechanizmy wymuszające, przemiany termodynamiczne i mikrofizyczne oraz wzajemne oddziaływania z innymi procesami. Nakładanie się tych zjawisk prowadzi do skomplikowanej dynamiki, która objawia się różnie w zależności od skali. W badaniach eksperymentalnych stosuje się dwa główne podejścia. Jednym z nich jest izolowanie wybranych procesów w warunkach laboratoryjnych, co pozwala na dokładniejszą analizę właściwości przepływów. Alternatywną metodą są pomiary terenowe z wykorzystaniem wielu instrumentów, które pozwalają uchwycić pełniejsze spektrum zmienności atmosferycznej. W niniejszej pracy badano drobnoskalowe fluktuacje temperatury, obejmując zarówno eksperymenty laboratoryjne, jak i pomiary wykonywane w rzeczywistych warunkach atmosferycznych na pokładzie samolotu. Dane zostały zebrane za pomocą miniaturowych termometrów UltraFast, umożliwiających niezakłócone i wysokorozdzielcze (2 kHz lub 1.5 kHz, w zależności od eksperymentu) pomiary pola skalarnego.

Pierwsza część pracy koncentruje się na tunelu aerodynamicznym LACIS-T (TROPOS, Niemcy), jednym z najnowocześniejszych obecnie działających obiektów badawczych przeznaczonych do badań aerozoli i chmur. Tunel ten ma budowę zamkniętą oraz umożliwia turbulentne, izobaryczne mieszanie dwóch nawilżonych, wolnych od aerozoli strumieni powietrza w ściśle kontrolowanych i powtarzalnych warunkach termodynamicznych. W pracy przedstawiono wyniki dwóch eksperymentów przeprowadzonych w warunkach suchych i czystych, przy różnicy temperatur między strumieniami odpowiednio 25 K i 16 K. Eksperymenty wykazały wzmożoną zmienność pola skalarnego w centralnym obszarze tunelu, pozwoliły na identyfikację niehomogeniczności termicznych oraz analizę wpływu warunków zewnętrznych na przebieg eksperymentów. Ponadto zidentyfikowano cztery wyraźne zakresy spektralne o potęgowych zależnościach oraz porównano podejścia analityczne oparte na polu skalarnego i energii w reżimie dyssypacyjnym.

Drugim analizowanym obiektem było II Chamber, czyli komora konwekcyjno-chmurowa działająca na zasadzie wymuszonej konwekcji Rayleigha-Bénarda, w któ-

rej powietrze jest podgrzewane od dołu i chłodzone od góry. Badania dotyczyły fluktuacji temperatury dla trzech różnych różnic temperatur pomiędzy dolną i górną płytą (10 K, 15 K i 20 K), co odpowiada liczbie Rayleigha rzędu 10^9 i liczbie Prandtla około 0.7. Analiza wykazała istotne zmiany zarówno odchylenia standardowego, jak i skośności rozkładu temperatury w pobliżu płyt oraz w centralnej części komory – zmienność ta została powiązana z lokalną dynamiką strug termicznych. Ponadto zidentyfikowano trzy zakresy spektralne oraz wykazano zależność potęgową między okresem cyrkulacji wielkoskalowej a różnicą temperatur. Co istotne, wyniki eksperymentalne dobrze pokrywały się z symulacjami Direct Numerical Simulations przeprowadzonymi w zbliżonych warunkach termodynamicznych.

Ostatnia część pracy dotyczyła problemu dyssypacji temperatury podczas lotów badawczych w ramach kampanii EUREC⁴A. Zebrane serie czasowe temperatury podzielono na trzy grupy poziomych segmentów: chmury (zawartość ciekłej wody $\geq 10^{-3} \text{ g m}^{-3}$), warstwę graniczną (ciśnienie $\geq 1010 \text{ hPa}$) oraz swobodną atmosferę (ciśnienie $< 1010 \text{ hPa}$). Klasyfikacja ta umożliwiła przeprowadzenie analiz statystycznych dla wprowadzonej znormalizowanego tempa dyssypacji temperatury. Histogramy tej wielkości wykazały wyraźną zależność potęgową w rozkładach, z wyjątkiem wydłużonych ogonów dla bardzo wysokich oraz bardzo niskich wartości dyssypacji we wszystkich typach segmentów. Dane laboratoryjne wykazały podobne zależności, choć z pewnymi ograniczeniami. Ponadto analiza wykazała, że współczynniki potęgowe są ze sobą powiązane i można je opisać zależnością logarytmiczną, co sugeruje, że może to być bardziej uniwersalna cecha przepływów atmosferycznych.