

Streszczenie rozprawy doktorskiej pod tytułem „Modelowanie przepływu powietrza w obszarze zabudowy miejskiej z uwzględnieniem stratyfikacji atmosfery”

Przedmiotem niniejszej rozprawy jest próba zbadania wpływu stratyfikacji atmosfery na przepływ w obszarze zabudowy miejskiej. Celem podjętych badań jest wyjaśnienie, w jaki sposób stan statycznej równowagi atmosfery wpływa na kształtowanie się struktur ruchu w przepływie zaburzonym poprzez wysokie budynki oraz układ zabudowy miejskiej. Rozprawa skupia się na dwóch zagadnieniach, w których wpływ ten nie został jeszcze rozpoznany - opływie powietrza wokół pojedynczych wysokich budynków oraz przepływie między i ponad budynkami w rejonie centrum miasta. W ramach niniejszej rozprawy, przeprowadzono serię eksperymentów numerycznych opływu powietrza wokół Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie oraz przepływu powietrza w strefie gęstej zabudowy w centrum Warszawy - techniką symulacji dużych wirów (LES)¹.

Badania przeprowadzono w następujących etapach: 1) Implementacja oraz uruchomienie autorskiego algorytmu wokselizacji w celu odwzorowania miejskiej zabudowy w strukturalnej siatce modelu. 2) Ustalenie sposobu reprezentacji warunków meteorologicznych - przepływu niezaburzonego, jako tła eksperymentów. 3) Przeprowadzenie szeregu symulacji przepływu w skali miejskiej w poszczególnych sytuacjach meteorologicznych. 4) Analiza wyników z zastosowaniem technik filtracji pozwalających wyodrębnić regularnie występujące elementy organizacji ruchu.

Analiza przepływu wokół pojedynczego budynku ukazuje zależność pomiędzy liczbą Froude'a a charakterystyką struktur przepływu. Wiry podkowiaste oraz fale grawitacyjne występujące w przepływie stratyfikowanym przypominają te, które są znane z meteorologii górskiej. Zauważono także ścisły związek umiejscowienia struktur wirowych z układem fal stojących, powstających wskutek zaburzenia przepływu, szczególnie wyraźny przy równowadze stałej.

Analiza przepływu w centrum Warszawy ujawnia znaczące różnice w prędkościach średnich oraz odchyleniach standardowych prędkości wiatru, które powstają przy zmianach w strukturze przepływu niezaburzonego. Mianowicie, przy przepływie w warunkach inwersji atmosferycznej, prędkości pionowe są mniejsze, niż w przypadku przepływu w warunkach stratyfikacji obojętnej z potęgowym profilem wiatru, który jest bardzo często stosowany w badaniach opisywanych w literaturze. Zastosowanie profilu potęgowego wiatru i adiabatycznego profilu temperatury potencjalnej w symulacjach spowodowało uformowanie się przepływu bardzo podobnego do przepływu w rzeczywistych warunkach meteorologicznych z obojętną równowagą pionową. Znacznie mniej podobieństw można zaobserwować porównując wyniki symulacji przepływu, w której zastosowano potęgowy profil prędkości wiatru i stratyfikację adiabatyczną, z wynikami symulacji, w której przyjęto inwersję atmosferyczną oraz rzeczywisty profil prędkości wiatru. Z powodu silnego mieszania w warstwie przyziemnej nie zaobserwowano znaczących różnic jakościowych w uśrednionych w czasie prędkościach przepływu w różnych stratyfikacjach. Natomiast w wyższych warstwach, w przypadku przepływów o silnej równowadze stałej występują struktury falowe oraz ulegają zmianie struktury wirowe.

Słowa kluczowe: przepływ powietrza w skali miejskiej, symulacja metodą wielkich wirów, stratyfikacja, obliczeniowa mechanika płynów, graniczna warstwa atmosfery

¹z ang. Large Eddy Simulation