

Streszczenie rozprawy doktorskiej

„Energetyczna i środowiskowa efektywność ogrzewania, chłodzenia i wentylacji budynków mieszkalnych”

Autor: mgr inż. Izabela Sarna

Promotor: Joanna Ferdyn-Grygierek

Promotor pomocniczy: Agnieszka Palmowska

Współczesne budownictwo mieszkaniowe stoi przed wyzwaniem pogodzenia komfortu użytkownika z minimalizacją negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Efektywność energetyczna systemów ogrzewania, chłodzenia i wentylacji (HVAC) odgrywa kluczową rolę w redukcji zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych. Głównym celem rozprawy była ocena skuteczności konwencjonalnych i alternatywnych sposobów chłodzenia pomieszczeń w budynku jednorodzinny z wentylacją naturalną z punktu widzenia zapewnienia komfortu cieplnego mieszkańcom, zużycia energii na potrzeby ogrzewania, chłodzenia i wentylacji oraz emisji gazów cieplarnianych do atmosfery w obecnych i przyszłych warunkach klimatycznych.

W pierwszym kroku dokonano przeglądu literatury z zakresu tematyki rozprawy wraz ze wskazaniem luki badawczej. Następnie przeprowadzono pomiarową identyfikację środowiska wewnętrznego w wybranym domu jednorodzinny. W trzecim kroku przygotowano modele numeryczne tego budynku: (1) w programie EnergyPlus połączonym z programem CONTAM, co umożliwiło przeprowadzenie kosymulacji wydajności budynku BPS (ang. Building Performance Simulation) z uwzględnieniem międzystrefowego przepływu powietrza oraz (2) w programie ANSYS Fluent, do przeprowadzenia prognozowania numerycznego CFD w celu oceny rozkładu parametrów powietrza w wybranym pomieszczeniu. Dla potwierdzenia wiarygodności otrzymanych wyników symulacji wykonano walidację eksperymentalną wraz dostrajaniem modeli numerycznych.

Przygotowane modele umożliwiły przeprowadzenie studium przypadku, podzielonego na dwie części. W ramach pierwszej z nich analizowano konwencjonalne i pasywne sposoby chłodzenia budynku z wykorzystaniem naturalnego chłodu powietrza zewnętrznego dla obecnego i przyszłego prognozowanego klimatu zewnętrznego dla Polski. Wśród metod pasywnych analizowano otwieranie okien przez mieszkańców oraz za pomocą automatycznych siłowników. Dokonano oceny wpływu otwarcia lub zamknięcia drzwi

wewnętrznych, zastosowania rolet wewnętrznych oraz zachowania mieszkańców w zakresie otwierania i zamykania okien na efektywność pasywnego chłodzenia biorąc pod uwagę liczbę godzin dyskomfortu cieplnego ludzi i wymianę powietrza. Następnie porównano zużycie energii w systemach ogrzewania, chłodzenia i wentylacji w budynku chłodzonym pasywnie i mechanicznie. W drugiej części studium przypadku analizowano wpływ pasywnego chłodzenia powietrzem zewnętrznym na rozkład parametrów powietrza w pomieszczeniu przy zamkniętych i otwartych drzwiach wewnętrznych, różnych prędkościach wiatru oraz w godzinach nocnego chłodzenia. Oceniono także ryzyko wystąpienia przeciągu. Następnie przeprowadzono analizę kosztów środowiskowych obejmującą obliczenia emisji ditlenku węgla przy stosowanych systemach HVAC z uwzględnieniem różnych źródeł ciepła.

Przeprowadzona analiza wyników pozwoliła na określenie ilościowej i jakościowej efektywności zaproponowanych technik pasywnego chłodzenia pomieszczeń mieszkalnych. Najbardziej skuteczne i efektywne było chłodzenie powietrzem zewnętrznym przy automatycznym otwieraniu okien. Zapewniało warunki komfortu cieplnego mieszkańców przez przynajmniej 94% procent czasu w klimacie obecnym i 87% w klimacie prognozowanym na 2050 rok. W porównaniu z chłodzeniem mechanicznym budynek zużywał o 9% (klimat obecny) i 14% (klimat 2050) mniej energii na cele ogrzewania i chłodzenia oraz emitował średnio o 11% mniej ditlenku węgla. Mniejszą efektywność stwierdzono przy ręcznym otwieraniu okien, szczególnie przy uwzględnieniu scenariuszy z prawdopodobieństwem zachowania się mieszkańców niezgodnie z przyjętymi kryteriami. Jako główne ograniczenie chłodzenia pasywnego przez otwieranie okien wskazano problem z dostosowaniem wymiany powietrza w pomieszczeniach w granicach akceptowalnych dla mieszkańców. W okresach z dużymi prędkościami wiatru znaczna wymiana powietrza w pomieszczeniu powodowała ryzyko powstawania przeciągu; z kolei przy bezwietrznej pogodzie oraz przy zamkniętych oknach przepływ powietrza był znikomy. Wyniki symulacji CFD uwiaryściły zjawisko powstawania „martwych stref powietrza” niezależnie od wartości prędkości wiatru. Przepływ powietrza o zbyt niskiej prędkości wstępował w znacznej części pomieszczenia, na którą nie oddziaływała struga powietrza nawiewanego przez okno nawet przy otwartych drzwiach wewnętrznych. Analiza kosztów środowiskowych utrzymania systemów HVAC wykazała, że najmniejszą emisyjność ma zastosowanie kotła gazowego jako źródła ciepła, a największą zastosowanie kotła elektrycznego. W celu większego ograniczenia emisji ditlenku węgla zaproponowano zastosowanie paneli fotowoltaicznych, które spowodowały redukcję emisji CO₂ do atmosfery o nawet 60%.

Słowa kluczowe: symulacje cieplne budynków, CFD, chłodzenie pasywne, zużycie energii, komfort cieplny, emisja CO₂.