

Beata WILK-SŁOMKA, Janusz BEŁOK
Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

WPLYW PARAMETRÓW OPTYCZNO-ENERGETYCZNYCH OSZKLENIA NA KOMFORT CIEPLNY POMIESZCZEŃ

W artykule podjęto próbę określenia wpływu parametrów optyczno-energetycznych oszkleń na komfort cieplny w wybranej strefie budynku. Strefę o regulowanej temperaturze stanowi fragment budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej ok. 55 m² z dużą powierzchnią przeszkloną od strony południowej. Jako metodę badania przyjęto badania numeryczne z wykorzystaniem programów ESP-r oraz Window dla danych klimatycznych miasta Katowice. Parametry optyczno-energetyczne zestawów szybowych dobrano tak, aby odpowiadały współczesnym rozwiązaniom dla budownictwa niskoenergetycznego. Ocenę komfortu cieplnego przeprowadzono w oparciu o wskaźnik PMV. Analizowano także średnią temperaturę promieniowania otaczających przegród.

Słowa kluczowe: komfort cieplny, wskaźnik PMV, współczynnik przenikania ciepła oszkleń, współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego, średnia temperatura promieniowania otaczających przegród

WPROWADZENIE

Poprzez stan komfortu cieplnego człowieka rozumiemy stan zrównoważonego bilansu cieplnego z otoczeniem, czyli ilość ciepła wytwarzanego w wyniku metabolizmu jest równa ilości ciepła traconego do otoczenia przy jednoczesnym braku odczuwania dyskomfortu lokalnego. Na ów bilans cieplny wpływa aktywność fizyczna człowieka oraz izolacyjność cieplna odzieży, a także parametry środowiska: temperatura, wilgotność względna i prędkość przepływu powietrza oraz średnia temperatura promieniowania. Wskaźnikiem uwzględniającym powyższe czynniki jest PMV, który przewiduje średnią ocenę przez dużą grupę osób w siedmiostopniowej skali [1]. Osoby określające swoje odczucia, wybierając wartości -3, -2, +2, +3 w skali PMV, są uważane za niezadowolone z komfortu cieplnego w pomieszczeniu. Najistotniejszym parametrem wiążącym wskaźnik PMV z właściwościami oszkleń jest średnia temperatura promieniowania otaczających przegród zależna od usytuowania człowieka względem powierzchni o obniżonej lub podwyższonej temperaturze, co z kolei jest związane między innymi z parametrami optyczno-energetycznymi oszkleń [1, 2].

1. OPIS PROCEDURY BADAWCZEJ

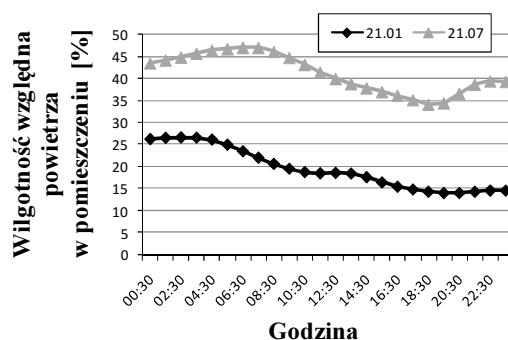
Metoda badawcza przyjęta w pracy to badania numeryczne z wykorzystaniem programu ESP-r [3]. Służy on do modelowania efektów energetycznych dla budynku, pomieszczeń bądź ich grup (stref cieplnych). Właściwości optyczne oszklenia niezbędne do zadeklarowania w programie symulacyjnym wyznaczone zostały w programie Window [4]. Obliczenia były prowadzone z godzinowym krokiem czasowym na bazie rzeczywistych danych klimatycznych (Katowice, uśrednione dla okresu lat 1971-2000). Baza klimatyczna [5] została zaimplementowana do programu ESP-r. Jako charakterystyczne daty ilustrujące skrajne warunki pogodowe w ciągu roku przyjęto dni projektowe, które dla Katowic zostały określone przez autorów [5] na dzień 21.01 oraz 21.07.

1.1. Założenia analiz

W celu określenia komfortu cieplnego posłużono się wskaźnikiem PMV, przyjmując poniższe wartości wielkości opisujących rodzaj ubioru i sposób zachowania się człowieka [1, 3]:

- aktywność fizyczna: 1,1 met (praca przy komputerze);
- oporność cieplna odzieży: zima: $\text{clo} = 0,7$ (bielizna, skarpetki, sweter, spodnie normalne), lato: $\text{clo} = 0,37$ (bielizna, skarpetki, koszula, cienkie spodnie);
- prędkość przepływu powietrza, $w_{\text{air}} = 0,1 \text{ m/s}$.

Temperaturę w pomieszczeniu w zimie przyjęto $t_i = 20^\circ\text{C}$, natomiast temperatura w pomieszczeniu latem jest efektem bilansowania się wpływu warunków zewnętrznych oraz wewnętrznych zysków ciepła. Obliczeń dokonano przy założeniu braku zachmurzenia. Średnie wartości wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu w ciągu doby wynosiły odpowiednio dla okresu letniego 40% oraz zimowego 20%. Na rysunku 1 przedstawiono wartości wilgotności względnej w pomieszczeniu dla skrajnych warunków pogodowych - tj. 21.01. i 21.07.



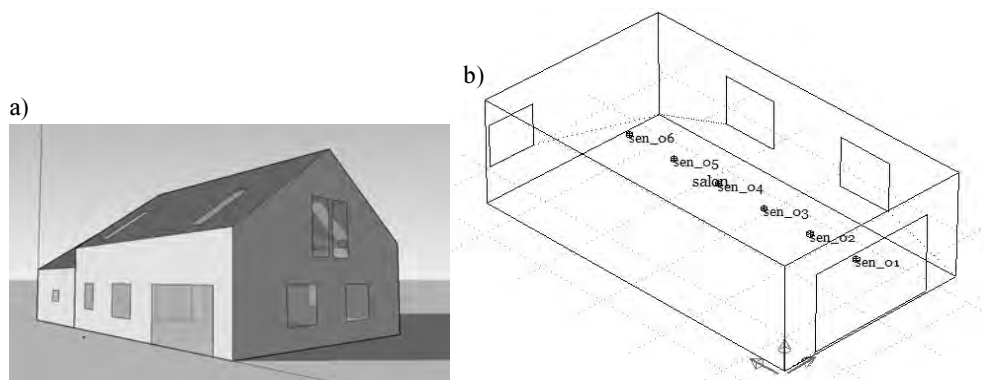
Rys. 1. Wilgotność względna powietrza w pomieszczeniu w dniu 21.01. oraz 21.07.

Jako strefę o regulowanej temperaturze wybrano fragment budynku jednorodzinnego o powierzchni ogrzewanej ok. 55 m^2 z dużą powierzchnią przeszkloną

od strony południowej (3,6 x 2,2 m). Wymiary pomieszczenia wynoszą 9,9 x 5,6 m. Monitorowano temperaturę powietrza w pomieszczeniu i wskaźnik PMV oraz wyznaczono wartości średniej temperatury promieniowania otaczających przegród w 6 punktach referencyjnych (PR_01÷06). Punkty referencyjne umieszczono w połowie szerokości pomieszczenia, pierwszy w odległości 0,5 m od powierzchni przeszklonej, kolejne co 1,5 m na wysokości $h = 1,5$ m.

1.2. Przedmiot analiz oraz charakterystyka wariantów

Przedmiotem pracy jest budynek jednorodzinny parterowy z poddaszem użytkowym, niepodpiwniczony, wykonany w technologii tradycyjnej murowanej. Na parterze znajdują się pokój dzienny połączony z kuchnią, wc, wiatrołap, natomiast na poddaszu zlokalizowano trzy sypialnie oraz łazienkę. Powierzchnia ogrzewana budynku wynosi 109,59 m². Od strony zachodniej został dobudowany garaż, który jest nieogrzewany (41,43 m²). Współczynniki przenikania ciepła U przegród nieprzezroczystych wynoszą odpowiednio: podłoga na gruncie 0,21; ściana zewnętrzna 0,12; dach 0,14 oraz drzwi wejściowe 0,79 W/m²·K. Na rysunku 2 przedstawiono widok elewacji analizowanego budynku oraz model pomieszczenia z rozmieszczeniem punktów referencyjnych.



Rys. 2. Widok analizowanego budynku: a) elewacja południowa i wschodnia, b) model pomieszczenia z rozmieszczeniem punktów referencyjnych [archiwum autorów]

W celu określenia wpływu parametrów oszklenia na komfort cieplny w wybranej strefie o regulowanej temperaturze przeprowadzono badania porównawcze, rozpatrując 4 warianty oszklenia.

Wariant wyjściowy W0 odpowiada swoim układem konstrukcyjnym najczęściej występującym rozwiązaniom w starszych budynkach istniejących. Pozostałe warianty dobrano tak, aby odpowiadały współczesnym rozwiązaniom technicznym, typowym dla budynków niskoenergetycznych [4, 6].

Wariant W0 to zestaw jednokomorowy złożony z szyb zwykłych, z wypełnieniem komory międzyszybowej powietrzem. Warianty W1÷W3 to zestawy trójszybowe, w których komory są wypełnione argonem. W1 to zestaw złożony z szyb zwykłych,

W2 - szyby zwykłe z powłokami niskoemisyjnymi, natomiast W3 od strony zewnętrznej - szkło z powłoką przeciwsłoneczną oraz od wewnętrznej strony z powłoką niskoemisyjną. W tabeli 1 zestawiono parametry dla analizowanych wariantów.

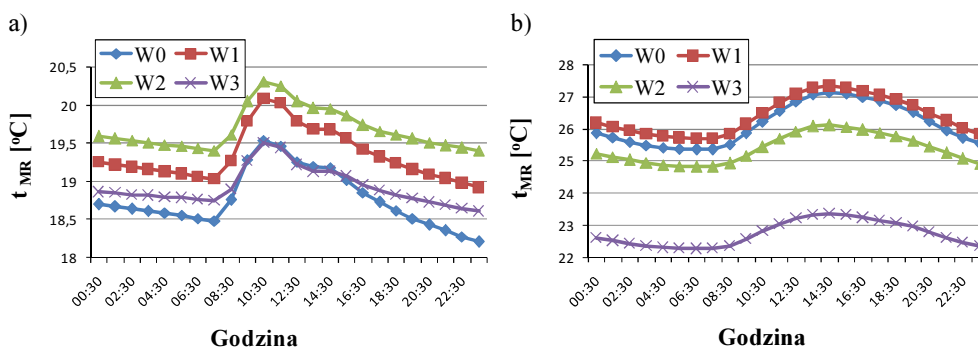
Tabela 1. Charakterystyka analizowanych zestawów szybowych

Wariant	Schemat zestawu szybowego	Współczynnik całkowitej przepuszczalności promieniowania słonecznego g	Współczynnik przepuszczalności światła τ_{vis}	Współczynnik przenikania ciepła U
		–	–	W/m ² ·K
W0	 (4-16-4)	0,77	0,81	2,72
W1	 (4-16-4-16-4)	0,69	0,73	1,61
W2	 (4-16-4-16-4)	0,53	0,70	0,70
W3	 (6-16-4-16-4)	0,36	0,41	1,00

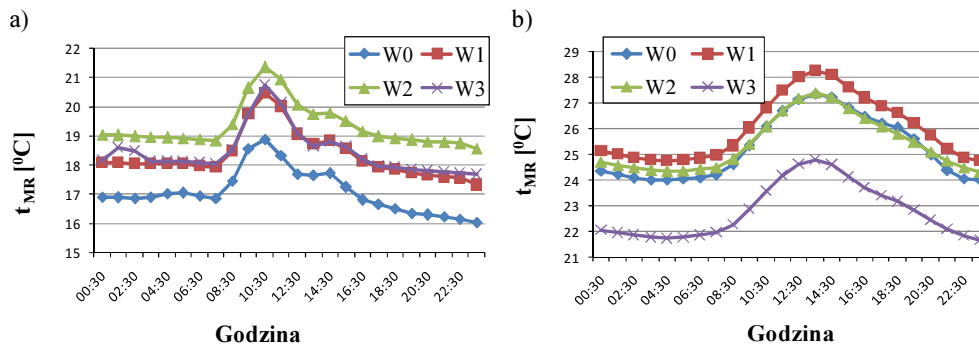
2. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Analizy przeprowadzono dla całego roku, natomiast w niniejszej pracy przedstawiono jedynie wybrane wyniki - dla dni projektowych (21.01. i 21.07.).

Na rysunku 3 przedstawiono wartości średniej temperatury promieniowania (t_{MR}) dla punktu referencyjnego (PR_03), zlokalizowanego w środku analizowanego pomieszczenia. Dla porównania na rysunku 4 podano wyniki (t_{MR}) uzyskane dla (PR_01), zlokalizowanego najbliżej dużej powierzchni przeszklonej.



Rys. 3. Średnia temperatura promieniowania otaczających przegród - PR_03: a) 21.01., b) 21.07.

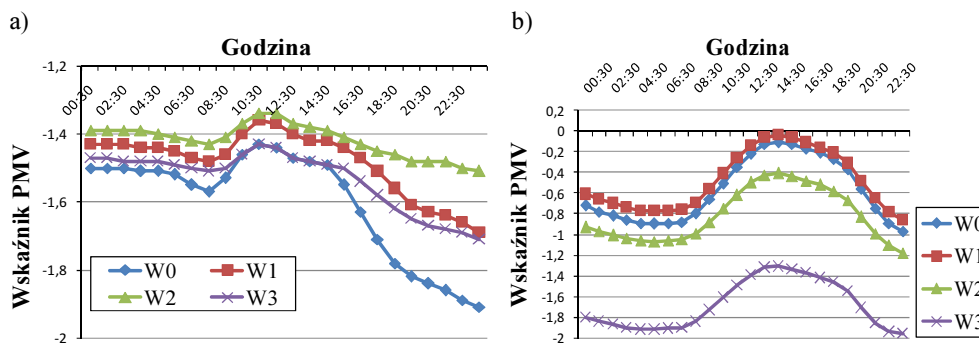


Rys. 4. Średnia temperatura promieniowania otaczających przegród - PR_01: a) 21.01., b) 21.07.

Prezentowane wyniki odnoszą się do temperatury powietrza w pomieszczeniu w zimie równej $20 \pm 1^\circ\text{C}$, natomiast latem $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Zachowane zostały zatem zakresy temperatur zapewniających dobre samopoczucie (zima $20 \div 23^\circ\text{C}$, lato $24 \div 28^\circ\text{C}$ [6]).

Dla punktu referencyjnego zlokalizowanego w odległości 0,5 m od powierzchni przeszklonej (PR_01), dla okresu letniego, obserwujemy wyższe wartości średniej temperatury otaczających przegród niż dla punktu referencyjnego zlokalizowanego w środku pomieszczenia (PR_03), co jest efektem wpływów środowiskowych, w szczególności natężenia promieniowania słonecznego. Występują także wyższe dobowe amplitudy wartości t_{MR} dla punktu referencyjnego PR_01 niż dla PR_03.

Dla okresu zimowego zauważyć można podobne zależności. Stąd tak ważne jest uwzględnienie parametrów energetyczno-optycznych na etapie projektowania obiektu budowlanego, a także analiza ich wpływu na przebieg temperatur w pomieszczeniu, celem między innymi odpowiedniej aranżacji pomieszczeń, oraz zapobiegania zjawisku przegrzewania pomieszczeń w okresie letnim czy też uniknięcia lokalnego dyskomfortu cieplnego.



Rys. 5. Wartości wskaźnika PMV - PR_03: a) 21.01., b) 21.07.

Analizując wartości wskaźnika PMV, można zauważyć, iż latem (21.07.) warunki komfortu cieplnego spełniają warianty W0-W2, zimą (21.01.), natomiast warianty W1-W3. Najlepszy wariant dla okresu zimowego to W2, a dla lata W1.

PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, iż parametry optyczno-energetyczne oszkleń w istotny sposób wpływają na odczucie komfortu cieplnego (należy rozpatrywać je łącznie). Autorzy pragną zaznaczyć, iż otrzymane wyniki odzwierciedlają konkretną sytuację (zachowanie się użytkownika), określoną przez sposób ubioru, charakter wykonywanej pracy oraz prędkość przepływu powietrza. Każda zmiana tych parametrów może spowodować zmianę uzyskanych wyników. Z przeprowadzonej analizy wynika, iż wymagania, jakim powinno odpowiadać oszklecie, decydujące o komforcie cieplnym są na tyle rozbieżne dla okresu letniego i zimowego, iż bardzo trudne jest (wręcz niemożliwym) opracowanie uniwersalnego zestawu szybowego wyłącznie poprzez kształtowanie jego parametrów optycznych. Osiągnięcie wymaganych właściwości przegród przezroczystych musi zatem nastąpić poprzez realizację innych metod.

LITERATURA

- [1] PN-EN ISO 7730:2006 Ergonomia środowiska termicznego. Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego.
- [2] Fanger P.O., Popiołek Z., Wargocki P., Środowisko wewnętrzne: wpływ na zdrowie, komfort i wydajność pracy, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
- [3] <https://www.esru.strath.ac.uk/programs>, dostęp: 5.10.2016 r.
- [4] <https://windows.lbl.gov/software/comfen/comfen.html>, dostęp: 30.09.2016 r.
- [5] <https://bigladdersoftware.com/epx/docs/8-0/input-output-reference>, dostęp: 5.10.2016 r.
- [6] Rozporządzenie MliR z dn. 17.07.2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU z 2015 r., poz. 1422.

INFLUENCE OF OPTICAL AND THERMO INSULATING PARAMETERS OF GLAZING ON THERMAL COMFORT IN OCCUPIED SPACES

The goal of this paper was to determine the impact of glazing parameters on thermal comfort in a selected thermal zone in residential building. The thermal zone is represented by a part of single family house with heated area of 55 m² and large glazed area from southern side. There was chosen as testing method the numerical method with usage the ESP-r and Window software. Climate data necessary for calculations were taken for Katowice. Estimation of thermal comfort was carried out using PMV index. In considerations were taken into account also mean radiant temperatures and mean air temperature inside zone. Four variants of glazing were used in the analysis. The reference point was the glazing system made of single chamber pane set filled with air. Other variants were selected in such a way that they corresponded to modern solutions of pane sets assigned for low-energy buildings. From the point of view of feeling thermal comfort it seems that the most advantageous for winter period is W2 solution and for the summer W1.

Keywords: thermal comfort, PMV index, thermal transmittance of glazing, total permeability of solar radiation energy, mean radiant temperature