

Anna Lis¹

ZNACZENIE OKIEN W TWORZENIU WARUNKÓW KOMFORTU CIEPLNEGO

Wprowadzenie

Z punktu widzenia komfortu cieplnego okna powinny zapewnić odpowiednią ilość światła dziennego oraz nasłonecznienie pomieszczeń. Warunki techniczne precyzują w tym zakresie wymaganie, by stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi w pomieszczeniu wynosił co najmniej 1:8, oraz określają czas nasłonecznienia dla poszczególnych pomieszczeń w ciągu dnia [1]. Promieniowanie słoneczne ma niezwykle ważny wpływ na stan samopoczucia ludzi przebywających w budynkach. Promieniowanie podczerwone dostarcza do pomieszczeń energię ciepłą, promieniowanie widzialne jest najodpowiedniejszym dla oczu rodzajem światła, a promieniowanie ultrafioletowe ma niszczący wpływ na mikroorganizmy.

Przez okna, w przypadku wentylacji grawitacyjnej, realizowany jest napływ powietrza do pomieszczeń. Prawidłowy strumień powietrza wymieniany w procesie wentylacji gwarantuje odpowiednią jakość środowiska wewnątrz pomieszczeń i jest jednym z elementów kształtowania się właściwych warunków komfortu cieplnego osób przebywających we wnętrzach.

Okna umożliwiają kontakt wzrokowy z otaczającym środowiskiem, pełnią funkcję psychologiczną, dając poczucie łączności ze światem zewnętrznym oraz stwarzając wrażenie powiększenia przestrzeni wewnętrznej. Badania potwierdzają pozytywny wpływ promieniowania słonecznego na samopoczucie oraz wydajność i jakość pracy. Niestety, niższa temperatura utrzymująca się na wewnętrznej powierzchni okien oraz w ich pobliżu w okresie zimowym, a także nadmierne zyski od promieniowania słonecznego w okresie letnim mogą prowadzić do utraty komfortu cieplnego osób przebywających w pomieszczeniach.

Związek pomiędzy stanem środowiska w budynkach a kondycją ludzkiego organizmu nie jest już obecnie kwestionowany. Otoczenie, w jakim człowiek przebywa, powinno pozwalać na osiągnięcie stanu zadowolenia z warunków, które w nim panują, oraz w pełni zaspokajać jego potrzeby fizyczne i psychiczne.

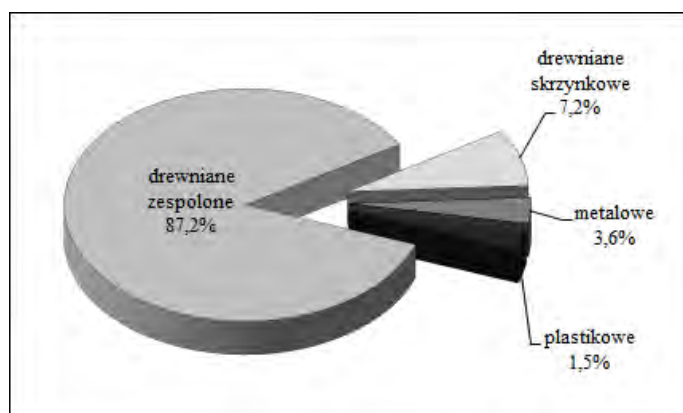
¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42-200 Częstochowa, e-mail: alis@bud.pcz.czest.pl

Najbardziej rozpowszechnionym miernikiem komfortu cieplnego, odczuwanego przez daną osobę, jest jej własna ocena. Zależy ona od zewnętrznych warunków fizycznych, wewnętrznych procesów fizjologicznych oraz od uwarunkowań psychologicznych. Duża, rzeczywista liczba czynników wpływających na samopoczucie w znacznej mierze utrudnia ściśle ustalenie warunków komfortu. Do oceny odczuć cieplnych osób znajdujących się w danym środowisku powszechnie używa się siedmiostopniowych skal komfortu cieplnego ASHRAE i Bedforda [2-4].

Na całokształt obrazu warunków, jakie panują w zamkniętych pomieszczeniach, oddziałuje szereg czynników. Właściwe ukształtowanie wartości poszczególnych elementów jest podstawowym warunkiem osiągnięcia przez osoby przebywające w danym środowisku stanu komfortu cieplnego oraz ogólnego dobrego samopoczucia i zdrowia. Warunki mikroklimatu wewnątrz, a co za tym idzie, komfortu cieplnego przebywających w nich osób, są powiązane m.in. z charakterystyką architektoniczno-budowlaną budynku. Na pierwszy plan wysuwa się tu wpływ przegród przezroczystych. Dlatego też wyznaczono parametry odnoszące się do przegród przezroczystych w wybranej grupie budynków edukacyjnych i prześledzono zmiany wartości wskaźników komfortu cieplnego osób, związane ze zmianami wielkości przegród przezroczystych.

1. Charakterystyka okien w budynkach

Analizy wpływu okien na stan komfortu cieplnego osób dokonano w budynkach edukacyjnych, które charakteryzują się znacznymi powierzchniami przeszklenia elewacji, zwłaszcza w salach lekcyjnych, gdzie w głównej mierze przebywają użytkownicy tych budynków. Przegrody przezroczyste, w większości budynków, w których prowadzono badania, to okna drewniane z szybami zespolonymi. Część analizowanej struktury budynków edukacyjnych ma okna drewniane skrzynkowe oraz plastikowe i metalowe z szybami zespolonymi (rys. 1).



Rys. 1. Udział poszczególnych rodzajów okien w badanej strukturze budynków

Analizowana grupa budynków edukacyjnych została wzniesiona w latach 1951-1993. Wszystkie budynki uwzględnione w analizie są obiektami wolno stojącymi, dwukondygnacyjnymi, w całości podpiwniczonymi, wykonanymi bądź w technologii tradycyjnej, głównie z cegły pełnej, bądź w technologii prefabrykowanej, głównie z cegły żerańskiej. Powierzchnia użytkowa badanej struktury wynosi średnio 970 m^2 , a kubatura 3800 m^3 .

Nadmierna wielkość powierzchni przegród przezroczystych przy znacznej wielkości pojedynczych skrzydeł otwieralnych sprzyja niszczeniu stolarki okiennej. Ma to negatywny wpływ na wartość izolacyjności termicznej tych elementów budynków, a co za tym idzie, wyraźny wzrost strat ciepła. Pokażne straty ciepła przez okna skutkowały zwiększeniem zużycia ciepła w analizowanej strukturze budynków edukacyjnych. Wyeksploatowana, nieszczelna stolarka okienna wpływa niestety często na pogarszanie się warunków mikroklimatu wewnątrz oraz komfortu cieplnego osób przebywających w pomieszczeniach. Obserwowano także wzrost prędkości przepływu powietrza w pobliżu okien oraz obniżanie się temperatury. Takie zjawiska są szczególnie negatywnie odbierane przez użytkowników pomieszczeń, zwłaszcza podczas okresu zimowego.

Średnia powierzchnia okien w analizowanych budynkach wynosiła $217,8 \text{ m}^2$, natomiast średnia powierzchnia okien w salach lekcyjnych wynosiła $123,6 \text{ m}^2$. Oszacowano również wartość przeszklenia elewacji sal (P_O/P_S), czyli stosunek powierzchni okien w salach (P_O) do powierzchni ich ścian zewnętrznych (P_S) oraz stosunek powierzchni okien sal (P_O) do powierzchni użytkowej sal (P_U). Rozpatrywane budynki edukacyjne charakteryzują się znacznym przeszkleniem elewacji, sięgającym nawet do 70%. Szczegółowe dane dotyczące powierzchni okien w budynkach przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1

Charakterystyka wielkości okien w salach lekcyjnych

Powierzchnia	Wszystkie sale	Elewacja			
		S	E	N	W
P_O (średnia) [m^2]	123,6	80,6	17,4	19,8	25,0
P_O (maksymalna) [m^2]	168,9	143,8	32,3	23,0	55,6
P_O (minimalna) [m^2]	53,6	20,6	4,7	13,8	9,3
P_O/P_S (średnia)	0,46	0,53	0,32	0,49	0,39
P_O/P_S (maksymalna)	0,72	0,72	0,56	0,66	0,57
P_O/P_S (minimalna)	0,31	0,33	0,15	0,31	0,17

Stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi wynosił średnio 0,37, co stanowi około trzykrotnie większą wartość niż minimalna wartość związana z wymaganiami dotyczącymi oświetlenia wewnątrz światłem dziennym. Maksymalnie parametr ten osiągnął wartość 0,77.

2. Stan komfortu cieplnego

Do scharakteryzowania odczuć cieplnych osób przebywających we wnętrzach użyto siedmiostopniowej skali komfortu cieplnego wg ASHRAE (tab. 2) [2, 4].

TABELA 2

Skala ASHRAE

Odczucie cieplne	Ocena
ZIMNO (COLD)	1
CHŁODNO (COOL)	2
LEKKO CHŁODNO (SLIGHTY COOL)	3
ANI CIEPŁO ANI ZIMNO (NEUTRAL)	4
LEKKO CIEPŁO (SLIGHTY WARM)	5
CIEPŁO (WARM)	6
GORĄCO (HOT)	7

Badania prowadzono w okresie zimowym oraz letnim. Ocenę stanu komfortu przeprowadzono dla dwóch grup respondentów, uczniów i nauczycieli przebywających w salach lekcyjnych. W pierwszej kolejności wyznaczono wartości podstawowych termicznych elementów mikroklimatu wnętrz, tj. temperaturę powietrza w pomieszczeniach oraz wilgotność względną i prędkość przepływu powietrza, a także średnią temperaturę promieniowania otoczenia. Oszacowano również izolacyjność cieplną odzieży oraz poziom metabolizmu poszczególnych osób. Następnie na podstawie badań ankietowych dokonano oszacowania oceny komfortu uczniów i nauczycieli użytkujących w sposób długotrwały pomieszczenia lekcyjne. Wyniki zaprezentowano w tabeli 3.

TABELA 3

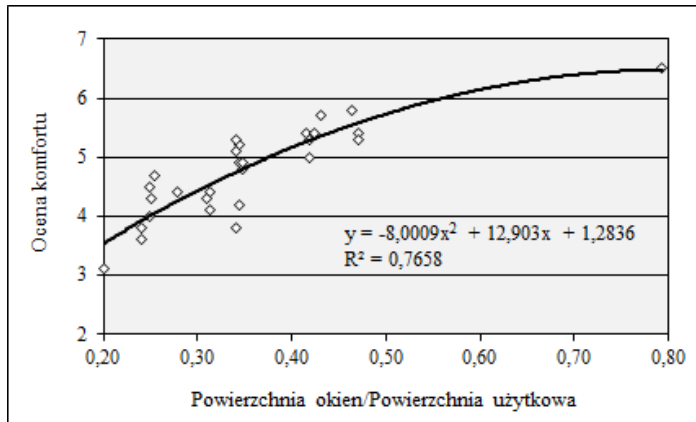
Ocena komfortu cieplnego w salach lekcyjnych

Parametry	Uczniowie		Nauczyciele	
	Lato	Zima	Lato	Zima
Izolacyjność cieplna odzieży [clo]	0,54	0,80	0,52	0,80
Poziom metabolizmu [met]	1,91	1,77	1,33	1,28
Ocena komfortu cieplnego	5,2	4,5	4,5	3,6

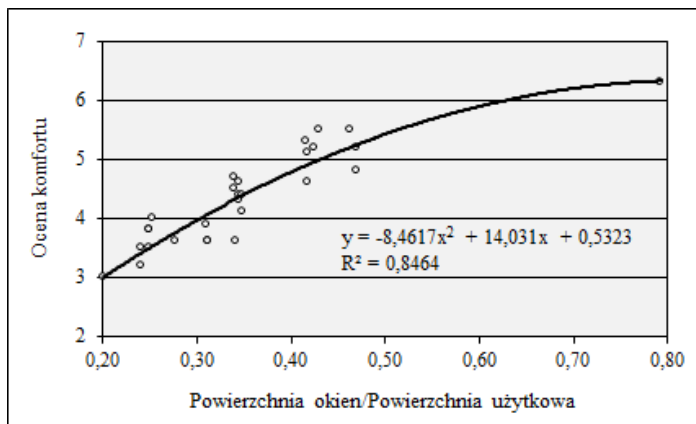
Metabolizm uczniów kształtował się na wyższym poziomie niż metabolizm nauczycieli, co wynikało zarówno z rodzaju aktywności fizycznej, jak i wieku obu grup respondentów. Izolacyjność cieplna odzieży uczniów i nauczycieli była natomiast podobna zarówno w okresie letnim, jak i w okresie zimowym. Ocena środowiska dokonana przez obie grupy mieściła się w strefie komfortu, przy czym uczniom w danym środowisku było cieplej niż nauczycielom.

3. Wpływ okien na warunki komfortu cieplnego

Znaczne powierzchnie okien w salach lekcyjnych w skojarzeniu z południowym, a często równoczesnym wschodnim i zachodnim ich umiejscowieniem nie zawsze korzystnie wpływają na prawidłowe kształtowanie się warunków mikrośrodowiska w ich wnętrzu, a co za tym idzie, warunków komfortu cieplnego osób. Prześladowano wpływ powierzchni okien odniesionej do powierzchni sal w budynkach edukacyjnych na kształtowanie się warunków komfortu cieplnego ich użytkowników. Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono wyniki badań prowadzonych w okresie letnim.

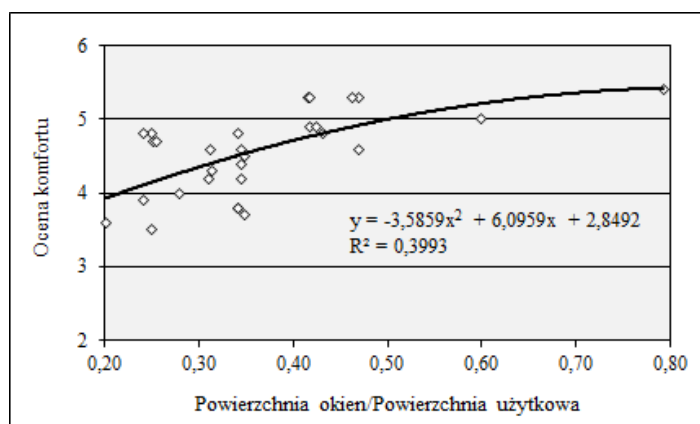


Rys. 2. Wpływ okien na ocenę komfortu cieplnego uczniów w okresie letnim

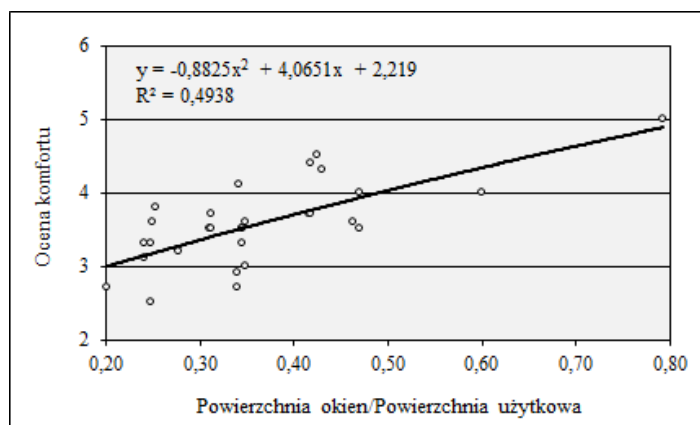


Rys. 3. Wpływ okien na ocenę komfortu cieplnego nauczycieli w okresie letnim

W okresie letnim zanotowano wyraźny wpływ powierzchni okien na odczucia cieplne osób przebywających w salach. W przypadku uczniów uzyskano współczynnik determinacji na poziomie 0,78, a w przypadku nauczycieli 0,85. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono wpływ powierzchni okien na odczucia cieplne w zimie.



Rys. 4. Wpływ okien na ocenę komfortu cieplnego uczniów w okresie zimowym



Rys. 5. Wpływ okien na ocenę komfortu cieplnego nauczycieli w okresie zimowym

W okresie zimowym wpływ okien na kształtowanie się warunków komfortu nie był tak wyraźny jak latem. Uzyskano współczynniki determinacji odpowiednio 0,39 w przypadku uczniów i 0,49 w przypadku nauczycieli.

Podsumowanie

Każdy człowiek ma subiektywne wrażenie odczuć ciepłych w danym środowisku. Na odczuwanie stanu komfortu cieplnego przez osoby przebywające w pomieszczeniach oddziałuje szereg czynników związanych m.in. z warunkami klimatu miejscowego, charakterystyką architektoniczno-budowlaną i materiałowo-konstrukcyjną danego obiektu budowlanego oraz rodzajem czy też sprawnością systemu grzewczego i wentylacyjnego. Nie bez wpływu pozostaje również system eksploatacji poszczególnych pomieszczeń związany z funkcją budynku oraz preferencjami co do stanu mikrośrodowiska poszczególnych użytkowników pomieszczeń. Organizm

człowieka przebywającego w danym środowisku powinien znajdować się w stanie neutralnego odczuwania warunków cieplnych otoczenia. Jednym z mierników komfortu cieplnego jest ocena komfortu wskazana przez daną osobę na skali komfortu. Do analizy wykorzystano skalę komfortu cieplnego według ASHRAE. Generalnie ocena środowiska w rozpatrywanych budynkach edukacyjnych dokonana przez nauczycieli i uczniów mieściła się w strefie komfortu, czyli pomiędzy wartością 3 i 5. Uczniowie charakteryzowali się wyższym poziomem metabolizmu w porównaniu z nauczycielami. Izolacyjność cieplna odzieży obu grup kształtowała się na podobnym poziomie.

W okresie letnim nadmierne przeszklenia były, zwłaszcza podczas dużej operacji promieni słonecznych, przyczyną wzmożonego przegrzewania pomieszczeń. Nie tylko nadmierne, ale i zbyt małe ilości ciepła oddawane do otoczenia wywoływały uczucie napięcia i zmęczenia. Oprócz tych symptomów występowało również olśnienie wzroku, co prowadziło do zaburzeń w polu widzenia. Średnia ocena komfortu cieplnego uczniów wyniosła w tym okresie 5,2, a nauczycieli 4,5. W okresie letnim temperatura powietrza w salach wahała się od 19,1 do 30,9°C. Średnio dla całego okresu wyniosła 23°C. Znaczny wzrost temperatury w salach lekcyjnych prowadził do częściowej utraty komfortu cieplnego badanych osób oraz do osłabienia ich zdolności do sprawnego wykonywania pracy umysłowej.

W okresie zimowym w pobliżu okien notowano obniżenie wartości temperatury powietrza w salach lekcyjnych. Niska izolacyjność cieplna okien była przyczyną utrzymywania się znacznie niższej temperatury na ich wewnętrznej powierzchni w stosunku do temperatur na powierzchni innych przegród oraz wzrostu asymetrii pola promieniowania cieplnego. Było to przyczyną nierównomiernego ochładzania ciał osób przebywających w pomieszczeniach. Nieszczelność okien potęgowała ten efekt, wywołując uczucie dyskomfortu nie tylko w pobliżu okien, ale i z dala od nich, zwłaszcza w czasie wietrznej pogody. Powietrze o temperaturze niższej od powietrza w pomieszczeniu oddziałuje niekorzystnie na człowieka, zakłócając jego odczucia cieplne. Zwiększony przepływ powietrza w salach był korzystny w okresie letnim przy znacznym wzroście temperatury w pomieszczeniach. Średnia ocena komfortu cieplnego uczniów wyniosła w okresie zimowym 4,5, a nauczycieli 3,6. Wpływ powierzchni okien na ocenę komfortu nie był tak wyraźny jak w okresie letnim. Temperatura powietrza w salach zimą wahała się od 17,9 do 26,5°C. Średnio dla całego okresu wyniosła 20,1°C. Instalacja grzewcza w budynkach nie była wyposażona w głowice termostatyczne, nie było więc możliwości regulowania wysokości temperatury bezpośrednio w salach.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2002 r., Nr 75, poz. 690 ze zmianami).
- [2] Śliwowski L., *Mikroklimat wnętrz*, [w:] *Budownictwo ogólne, Fizyka budowli*, Tom drugi, red. P. Klemm, Arkady, Warszawa 2014.

- [3] Fanger P.O., Popiołek Z., Wargocki P., Środowisko wewnętrzne. Wpływ na zdrowie, komfort i wydajność pracy, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
- [4] Fanger P.O., Komfort cieplny, Arkady, Warszawa 1974.

Streszczenie

W artykule przedstawiono funkcję okien w budynku pod kątem kształtowania stanu mikrośrodowiska wnętrza i warunków komfortu cieplnego przebywających w nich osób. Zaprezentowano wymagania w tym zakresie, zawarte w warunkach technicznych. Omówiono wyniki badań przeprowadzonych w budynkach edukacyjnych. Przedmiotem analizy była ocena stanu warunków komfortu cieplnego osób przebywających w salach lekcyjnych. Analizę przeprowadzono pod kątem wpływu powierzchni okien sal lekcyjnych w odniesieniu do powierzchni tych sal na kształtowanie się odczuć cieplnych osób w nich przebywających. Badania prowadzono w grupie uczniów oraz w grupie nauczycieli.

Słowa kluczowe: okna, warunki komfortu cieplnego, budynki edukacyjne

The participation of windows in creating the conditions of thermal comfort

Abstract

The article presents the function of the windows in the building in terms of created the state of the microenvironment in the interiors and the comfort conditions of their occupants. The requirements in this area, included in the technical conditions were presented. The results of research conducted in educational buildings were discussed. The subject of the analysis was the assessment of the people thermal comfort condition in the classrooms. The analysis was made in terms of the influence of the windows area of classroom in relation to the surface of these rooms on the thermal sensations of the persons staying there. The study was conducted in a group of students and in a group of teachers.

Keywords: windows, thermal comfort conditions, educational buildings