

Jerzy Żurawski*)

Izolacyjność termiczna przegród przezroczystych przy zastosowaniu OSŁON przeciwsłonecznych

Nowoczesna architektura coraz częściej realizuje ideę szklanych domów. Tendencja do zwiększania w budynkach powierzchni przegród przezroczystych skutkuje jednak pojawieniem się problemów związanych zwłaszcza z zużyciem energii. Co prawda, izolacyjność termiczna takich przegród stale się poprawia, jednak straty ciepła przez przegrody przezroczyste zimą oraz niepożądane zyski ciepła latem zwiększają zużycie energii – zimą na ogrzewanie, latem na chłodzenie. W konsekwencji rosną koszty eksploatacyjne budynku oraz pojawiają się trudności związane z utrzymaniem komfortu cieplnego pomieszczeń i odpowiedniego mikroklimatu.

Podstawowe wymagania, jakie powinny spełniać przegrody przezroczyste, to:

- zapewnienie odpowiedniego oświetlenia światłem dziennym,
- ochrona przed nadmiernymi stratami ciepła zimą,
- ochrona przed nadmiernymi zyskami ciepła latem,
- ochrona przed niekorzystnym wpływem czynników atmosferycznych,
- ochrona przed hałasem,
- zapewnienie dopływu powietrza (wentylacja naturalna),
- spełnienie funkcji estetycznej w budynku.

W praktyce o rodzaju zastosowanej przegrody często decyduje głównie kryterium estetyczne. Tymczasem w dobie rozwoju budownictwa energooszczędnego wybór przegrody przezroczystej powinien być uzależniony od jej wpływu na energochłonność pomieszczenia, w którym ma być zastosowana.

FUNKCJE osłon przeciwsłonecznych w budynku

Wpływ przegród przezroczystych na energochłonność pomieszczenia, lokalu czy budynku zależy od: powierzchni przegród przezroczystych, przepuszczalności energii cieplnej i widzialnej oraz izolacyjności termicznej przegrody. Izolacyjność termiczna zaś może być różna w zależności od zastosowanej osłony przeciwsłonecznej.

Osłony przeciwsłoneczne mogą ograniczać straty ciepła, mogą też zmniejszać niepożądane zyski ciepła. W okresie grzewczym powinny umożliwiać w ciągu dnia zyski ciepła od energii słonecznej, a w nocy ograniczać straty ciepła. Latem ich funkcja powinna być zupełnie inna – powinny ograniczać nagrzewanie budynków przez słońce oraz minimalizować refleks świetlny powstający w dni słoneczne na ekranach telewizorów czy monitorach komputerów. W dni pochmurne osłony powinny umożliwiać maksymalny dopływ światła widzialnego do wnętrza budynku. Osłony powinny więc charakteryzować się zmiennymi parametrami latem i zimą, np. być ruchome.

WPLYW osłon na energochłonność pomieszczenia

Wpływ osłon przeciwsłonecznych na energochłonność pomieszczenia można obliczyć zgodnie z normą PN-EN ISO 13790:2008 [1], według której w odniesieniu do każdego otworu i każdego miesiąca oblicza się:

$$\Phi_{sol} = F_{sh,ob} A_{sol} I_{sol} - F_r \Phi_r \quad (1),$$

gdzie:

$F_{sh,ob}$ – współczynnik zacielenia związany z zewnętrznymi elementami zacielenia (liczony na podstawie normy PN-EN ISO 13790:2008 [1]):

$$F_{sh,ob} = F_{hor} F_{ov} F_{fin} \quad (2),$$

gdzie:

F_{hor} – czynnik zacielenia od otoczenia wyznaczany na podstawie: kąta wzniesie-

nia ($0...40^\circ$), orientacji okna oraz szerokości geograficznej: ($49, 50, 51, 52, 53, 54^\circ$),

F_{ov} – czynnik zacielenia od elementów pionowych wyznaczany na podstawie: kąta dla elementu pionowego ($0...60^\circ$), orientacji okna oraz szerokości geograficznej: ($49, 50, 51, 52, 53, 54^\circ$),

F_{fin} – czynnik zacielenia od elementów poziomych wyznaczany na podstawie: kąta dla elementu poziomego ($0...60^\circ$), orientacji okna oraz szerokości geograficznej: ($49, 50, 51, 52, 53, 54^\circ$),

A_{sol} – efektywne pole powierzchni nasłonecznionej:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_r) A_{w,p} \quad (3),$$

gdzie:

$F_{sh,gl}$ – współczynnik zacielenia związany z ruchomymi elementami zacielenia, liczony z wzoru:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - f_{sh,with}) g_{gl} + f_{sh,with} g_{gl+sh}]}{g_{gl}} \quad (4),$$

gdzie:

g_{gl} – współczynnik przepuszczalności energii promieniowania słonecznego bez ruchomych elementów zacielenia,

g_{gl+sh} – współczynnik przepuszczalności energii promieniowania słonecznego z ruchomymi elementami zacielenia,

$f_{sh,with}$ – udział czasu użycia ruchomych elementów zacielenia,

g_{gl} – współczynnik przepuszczalności energii promieniowania słonecznego,

F_r – współczynnik uwzględniający udział powierzchni ramy w całkowitej powierzchni otworu, tj. $(1 - C/100)$,

$A_{w,p}$ – całkowite pole powierzchni otworu,

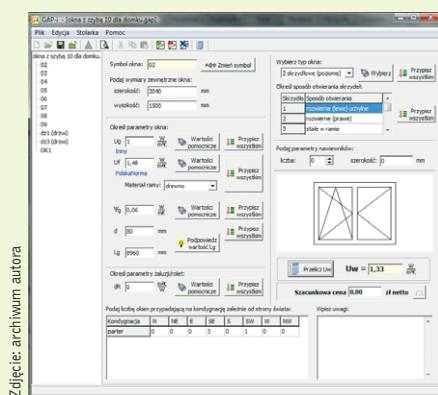
I_{sol} – średnia miesięczna wartość promieniowania słonecznego na powierzchnię otworu dla danej orientacji oraz kąta nachylenia (kątem uwzględniony jest przez współczynnik k_α),

F_r – współczynnik kierunkowy dla danego otworu i powierzchni nieba ($1,0$ dla niezacie-

*) Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska

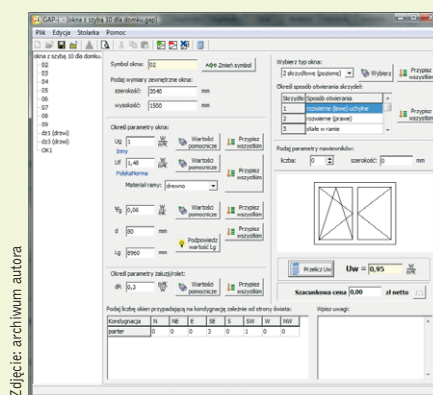
Tabela 1. Wartość dodatkowego oporu cieplnego wynikającego z zastosowania różnych osłon przeciwsłonecznych

Typ osłony	Wartość dodatkowego oporu ΔR [$m^2 \cdot K/W$] osłony przegrody przezroczystej (wg PN-EN ISO 10077-1 [2])				
	o bardzo wysokiej przepuszczalności	o wysokiej przepuszczalności	o średniej przepuszczalności	o niskiej przepuszczalności	szczelnej
Zwijana aluminiowe	0,08	0,0925	0,115	0,148	0,1795
Zwijana drewniana i z tworzyw sztucznych, bez wypełnienia pianką	0,08	0,115	0,165	0,22	0,265
Zwijana drewniana i z tworzyw sztucznych, z wypełnieniem pianką	0,08	0,1275	0,1925	0,26	0,3125
Drewniana o gr. od 15 do 30 mm	0,08	0,14	0,22	0,3	0,36



Zdjęcie: archiwum autora

Fot. 1. Wyniki obliczeń współczynnika przenikania ciepła U_w dla okna o wymiarach $2 \times 1,5$ m, o wartości $U_g = 1,0$ W/($m^2 \cdot K$), $U_f = 1,48$ W/($m^2 \cdot K$) oraz $\psi = 0,06$ W/($m \cdot K$)



Zdjęcie: archiwum autora

Fot. 2. Wyniki obliczeń współczynnika przenikania ciepła U_w dla okna jak na fot. 1, ale z zastosowaniem osłony przeciwsłonecznej drewnianej o niskiej przepuszczalności powietrza

nionego poziomego dachu; 0,5 dla niezacienionej pionowej ściany): 0° – 1,000; 30° – 0,833; 45° – 0,750; 0° – 0,667; 90° – 0,500.

OSŁONY przeciwsłoneczne a współczynnik U_w przegrody przezroczystej

To samo okno przy użyciu różnych typów osłon charakteryzować się będzie różną izolacyjnością termiczną.

Obliczeń współczynnika przenikania ciepła U_w przegrody przezroczystej można dokonać na podstawie normy PN-EN ISO 10077-1:2002 [2] według wzoru:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \psi_g}{A_g + A_f} \quad (5),$$

gdzie:

A_g , U_g – powierzchnia i współczynnik przenikania ciepła szyby,

A_f , U_f – powierzchnia i współczynnik przenikania ciepła ramy,

ψ_g , I_g – wartość mostka liniowego oraz jego całkowita długość,

ΔR – wartość dodatkowego oporu cieplnego wynikająca z zastosowania osłon przegród przezroczystych.

Wartość dodatkowego oporu cieplnego zależy od:

- typu osłony (np. aluminiowa, z tworzywa sztucznego, drewniana),
- przepuszczalności powietrza przez osłonę przeciwsłoneczną (bardzo wysoka, wysoka, średnia, niska przepuszczalność oraz szczelna osłona).

W **tabeli 1** przedstawiono wyniki obliczeń wartości oporu cieplnego wynikającego z zastosowania różnych osłon przeciwsłonecznych.

W celu sprawdzenia wpływu zastosowanej osłony przeciwsłonecznej na wartość współczynnika przenikania ciepła U_w przegrody przezroczystej dokonano obliczeń w odniesieniu do okna o wymiarach $2 \times 1,5$ m (współczynnik przenikania ciepła szyby $U_g = 1,0$ W/($m^2 \cdot K$), współczynnik przenikania ciepła ramy $U_f = 1,48$ W/($m^2 \cdot K$) oraz wartość mostka liniowego $\psi = 0,06$ W/($m \cdot K$)). Wyniki obliczeń przedstawiono na **fot. 1 i 2** oraz w **tabeli 2**.

Tabela 2. Wartość współczynnika przenikania ciepła okna o wymiarach 2×1,5 m w zależności od zastosowanej osłony przeciwsłonecznej

Typ osłony	Wartość U_w [W/(m ² ·K)] okna o wymiarach 2×1,5 m, o wartości $U_g = 1,0$ W/(m ² ·K), $U_f = 1,48$ W/(m ² ·K) oraz $\psi = 0,06$ W/(m·K) z osłoną:				
	o bardzo wysokiej przepuszczalności	o wysokiej przepuszczalności	o średniej przepuszczalności	o niskiej przepuszczalności	szczelna
Zwijana aluminiowa	1,20	1,18	1,15	1,11	1,07
Zwijana drewniana i z tworzyw sztucznych, bez wypełnienia pianką	1,20	1,15	1,09	1,03	0,98
Zwijana drewniana i z tworzyw sztucznych, z wypełnieniem pianką	1,20	1,14	1,06	0,99	0,94
Drewniana o gr. od 15 do 30 mm	1,20	1,12	1,03	0,95	0,90

Jak wynika z obliczeń (**tabela 2**), wartość współczynnika U_w analizowanego okna z uwzględnieniem osłon będzie wynosiła od 1,20 do 0,90 W/(m²·K). Oznacza to, że osłony wpływają na poprawę izolacyjności termicznej przegrody przezroczystej o 10–32%, a więc przy zastosowaniu osłon o dużej przepuszczalności powietrza oszczędności zużycia energii wyniosą 2,5–3%.

Sprawdzenie SKUTECZNOŚCI osłon przeciwsłonecznych zimą

W celu sprawdzenia w praktyce skuteczności zastosowania takich rozwiązań wykonano badania termowizyjne osłon zewnętrznych typu refleksoli (perforowane materiały przepuszczające promieniowanie słoneczne o różnej długości fali) z ręczną możliwością regulacji (**fot. 3, 4**). W pomieszczeniach o podobnej powierzchni i położeniu (strona południowo-zachodnia) wykonano badania w okresie letnim przy temperaturze zewnętrznej +23,59°C. Wyniki tych badań opisane zostały w 11. odcinku naszego cyklu¹⁾.

¹⁾ Zob.: J. Żurawski, „Wymagania dotyczące przegród przeszklonych oraz osłony przeciwsłoneczne w budynkach”, *IZOLACJE*, nr 1/2009, s. 52–55.

Dla tych samych pomieszczeń badania przeprowadzono również zimą. Termogramy wykonano o godz. 22.30–23.30 przy temperaturze zewnętrznej –0,95°C oraz o godz. 5.30–6.30 przy temperaturze zewnętrznej –3,93°C.

Na **fot. 5, 6 i 7** przedstawiono zdjęcia termowizyjne badanych okien bez osłony przeciwsłonecznej oraz z opuszczonymi osłonami. W **tabelach 3 i 4** zaprezentowano wyniki badań termowizyjnych osłon przeciwsłonecznych.

W pomieszczeniu bez opuszczonych osłon temperatura wewnętrzna wynosiła +22,53°C i była nieznacznie większa (o 0,38°C) od temperatury w pomieszczeniu z działającymi osłonami: +22,15°C. Zatem temperatury na badanych przegrodach przezroczystych również powinny być odpowiednio wyższe. Pomiarzy pokazały jednak co innego – temperatura na badanym oknie z opuszczoną osłoną była wyższa, co świadczy o zdecydowanie mniejszym strumieniu ciepła przenikającym przez badane okno.

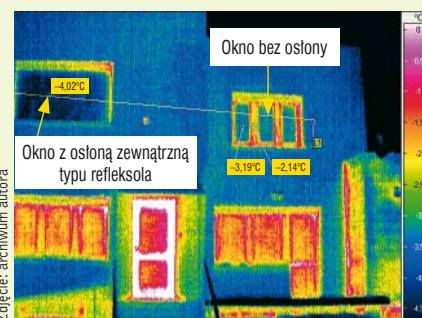
W polu R1 (**fot. 6, tabela 3**) na badanym oknie wyznaczono średnią temperaturę, która wynosiła +19,58°C. W pomieszczeniu z opuszczonymi osłonami (**fot. 7, tabela 4**) średnia temperatura w polu R1 na badanym



Fot. 3. Okno z osłoną zewnętrzną poddaną badaniom – widok od wewnątrz

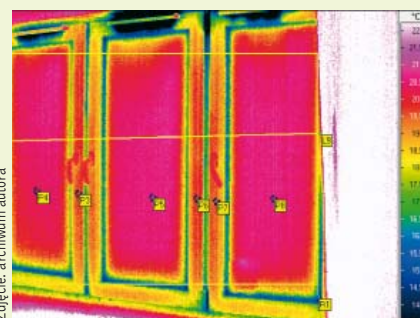


Fot. 4. Widok refleksoli z zewnątrz budynku



Fot. 5. Zdjęcie termowizyjne budynku od strony frontowej (południowo-zachodniej) prezentujące okno z osłoną i bez osłony, wykonane o godz. 5.30–6.30 zimą

oknie wyniosła +20,1°C, a więc była wyższa o 0,52°C od średniej temperatury okna bez osłon. Gdy uwzględnimy różnicę temperatury w pomieszczeniach wynoszącą 0,38°C, uzyskamy różnicę temperatur na powierzch-



Fot. 6. Zdjęcie termowizyjne wykonane w pomieszczeniu bez osłony przeciwsłonecznej

Tabela 3. Wyników pomiarów zarejestrowanych na fot. 6

ID	Wartość M	Min.	Maks.	Zakres	Odch. Std.
R1	19,58	13,74	21,59	7,85	1,23
P2	19,42				
P3	19,66				
P4	19,99				
P5	20,70				
P6	19,53				
P7	19,46				
P8	20,50				
L9	19,77	15,75	20,91	5,16	1,12

Tabela 4. Prezentacja wyników pomiarów zarejestrowanych na fot. 7

ID	Wartość M	Min.	Maks.	Zakres	Odch. Std.
R1	20,10	14,34	22,01	7,67	1,07
P2	20,01				
P3	20,09				
P4	19,90				
P5	19,71				
P6	19,54				
P7	19,49				
L8	20,22	16,63	21,63	4,99	0,95

ni badanego okna z osłonami do badanego okna bez osłon równą $0,9^{\circ}\text{C}$. W analizowanym przypadku zastosowanie osłon przeciwsłonecznych pozwoliło na nieznaczną poprawę izolacyjności termicznej przegrody przezroczystej.

Mimo że zastosowanie osłon zimą ma niewielki wpływ na poprawę izolacyjności cieplnej przegród przezroczystych, warto je uruchamiać nawet zimą. Oszacowano, że wykorzystanie ich zimą w nocy może spowodować ograniczenie zużycia energii do ogrzewania o 1,12%. Latem dzięki zastosowaniu tego typu osłon można oczywiście uzyskać dużo większe efekty. Zużycie energii potrzeb-

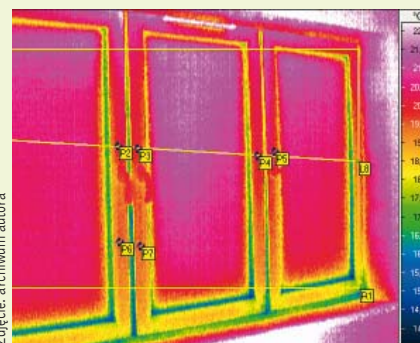
nej do wytworzenia chłodu będzie wówczas o kilkanaście, a nawet o kilkadziesiąt procent niższe.

LITERATURA

1. PN-EN ISO 13790:2008 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
2. PN-EN ISO 10077-1:2002 „Własności cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część I. Metoda uproszczona”.

* * *

Artykuł „Izolacyjność termiczna przegród przezroczystych przy zastosowaniu



Fot. 7. Zdjęcie termowizyjne wykonane w pomieszczeniu z opuszczonymi osłonami przeciwsłonecznymi

osłon przeciwsłonecznych” jest ostatnim odcinkiem z serii „Energooszczędność w budownictwie”. Przez równo 2 lata w tym cyklu omawialiśmy zagadnienia związane z tematyką dotyczącą energooszczędnego budownictwa. Poruszyliśmy w nim kwestie prawne, a także praktyczne aspekty związane z projektowaniem i wykonywaniem budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię. Zakończenie tego cyklu nie oznacza, iż temat przeze mnie omawiany się wyczerpał. Kwestie związane z energooszczędnymi technologiami w budownictwie będą poruszane w kolejnych publikacjach na łamach miesięcznika IZOLACJE. ■