

Wpływ PRZEGRÓD PRZEZROCYSTYCH na JAKOŚĆ ENERGETYCZNĄ BUDYNKU

Na końcową ocenę energetyczną budynku duży wpływ ma izolacyjność termiczna przegród przezroczystych (straty energii przez stolarkę budowlaną wynoszą 10–15%, a więc niemalże tyle samo, co przez ściany i dach) oraz przepuszczalność energii słonecznej. O ile jednak sprawa jest dobrze rozpoznana, jeśli chodzi o budynki ogrzewane, o tyle trudno jednoznacznie wskazać optymalne rozwiązanie dla budynków wyposażonych w instalacje chłodzenia.

O jakości energetycznej budynku decyduje wartość nieodnawialnej energii pierwotnej EP, którą wyznacza się zgodnie z rozporządzeniem w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu [1]:

$$EP = Q_p/A_f \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) \quad (1),$$

gdzie:

Q_p – roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody oraz napędu urządzeń pomocniczych,

A_f – powierzchnia ogrzewana (o regulowanej temperaturze) budynku lub lokalu.

$$Q_p = Q_{pH} + Q_{pW} + Q_{pL} \text{ kWh/a} \quad (2),$$

gdzie:

Q_{pH} – roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system grzewczy i wentylacyjny do ogrzewania i wentylacji,

Q_{pW} – roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną przez system do podgrzania ciepłej wody,

Q_{pL} – zapotrzebowanie na energię pierwotną do chłodzenia.

Obliczeń rocznego zapotrzebowania przez system grzewczy na energię pierwotną EP potrzebną do ogrzewania i wentylacji dokonuje się według wzoru:

$$Q_{pH} = w_H \cdot Q_{K,H} + w_{el} \cdot E_{el,pom,H} \text{ kWh/a} \quad (3),$$

gdzie:

$Q_{K,H}$ – roczne zapotrzebowanie na energię końcową na potrzeby c.o. i wentylacji,

$E_{el,pom,H}$ – roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną końcową do napędu

urządzeń pomocniczych systemu ogrzewania i wentylacji.

Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną na potrzeby c.w.u. oblicza się z wzoru:

$$Q_{pW} = w_W \cdot Q_{K,W} + w_{el} \cdot E_{el,pom,W} \text{ kWh/a} \quad (4),$$

gdzie:

$Q_{K,W}$ – roczne zapotrzebowanie na energię końcową na potrzeby c.w.u.,

$E_{el,pom,W}$ – roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną końcową do napędu urządzeń pomocniczych systemu na potrzeby c.w.u.

Roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną na chłodzenie wylicza się według zależności:

$$Q_{pL} = w_L \cdot Q_{K,L} + w_{el} \cdot E_{el,pom,L} \text{ kWh/a} \quad (5),$$

gdzie:

$Q_{K,L}$ – roczne zapotrzebowanie na energię końcową na potrzeby chłodzenia,

$E_{el,pom,L}$ – roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną końcową do napędu urządzeń pomocniczych systemu chłodzenia.

w_i – współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii (lub energii) końcowej do ocenianego budynku (w_{el} , w_H , w_W), który określany jest przez dostawcę energii lub nośnika energii; przy braku danych można korzystać z tabl. 1 (w_{el} – dotyczy energii elektrycznej, w_H – dotyczy ciepła do ogrzewania, w_W – dotyczy ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej, w_L dotyczy oświetlenia, $w_L = w_{el}$).

AKTUALNE wymagania stawiane stolarkę budowlanej

Wymagania ogólne dotyczące stolarki budowlanej zostały określone w art. 5.1.

ustawy Prawo budowlane [2]: „Obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając:

1) spełnienie wymagań podstawowych dotyczących (...) oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród”.

Wymagania SZCZEGÓŁOWE dotyczące przegród przezroczystych

Podstawowe wymagania stawiane przegrodom przezroczystym zawarte są w § 57 rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [3]: „

1. Pomieszczenie przeznaczone na pobyt ludzi powinno mieć zapewnione oświetlenie dzienne, dostosowane do jego przeznaczenia, kształtu i wielkości, z uwzględnieniem warunków określonych w § 13 oraz w ogólnych przepisach bezpieczeństwa i higieny pracy.

2. W pomieszczeniu przeznaczonym na pobyt ludzi stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8, natomiast w innym pomieszczeniu, w którym oświetlenie dzienne jest wymagane ze względu na przeznaczenie – co najmniej 1:12”.

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych [3] okna powinny także spełniać warunek minimalnej izolacyjności termicznej oraz właściwej powierzchni przeczczystej.

Izolacyjność termiczna okien

Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej okien określone są w załączniku do rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [3], w postaci granicz-

*) Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska

nych wartości współczynnika przenikania ciepła. Obliczeń współczynnika przenikania ciepła można dokonać na podstawie normy PN-EN ISO 10077-1 „Własności cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część I. Metoda uproszczona” [4] według wzoru:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \Psi_g}{A_g + A_f}, \quad (6),$$

gdzie:

A_g, U_g – powierzchnia i współczynnik przenikania ciepła szyby,

A_f, U_f – powierzchnia i współczynnik przenikania ciepła ramy,

Ψ, I_g – wartość mostka liniowego oraz jego całkowita długość.

Z wzoru wynika, że okna wykonane z tych samych materiałów, ale o innych wymiarach, mogą mieć inne parametry izolacyjności termicznej.

Powierzchnia okien

W załączniku do rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3] określone są również inne wymagania związane z oszczędnością energii, w tym wielkości powierzchni okien. A mianowicie w budynku jednorodzinny pole powierzchni A_0 , wyrażone w m^2 , okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, o współczynniku przenikania ciepła U_k nie mniejszym niż $2,0 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$, obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość $A_{0 \max}$ obliczona według wzoru:

$$A_{0 \max} = 0,15 A_z + 0,03 A_w \quad (7),$$

gdzie:

A_z – jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

A_w – jest sumą pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu A_z .

W budynku użyteczności publicznej pole powierzchni A_0 , wyrażone w m^2 , okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, o współczynniku przenikania ciepła U_k nie mniejszym niż $2,0 \text{ W}/(m^2 \cdot K)$, obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość $A_{0 \max}$ obliczona według wskazanego wyżej wzoru, jeśli nie jest to sprzeczne z warunkami dotyczącymi zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym, określonymi w § 57 rozporządzenia.

W budynku produkcyjnym łączne pole powierzchni okien oraz ścian szklanych w sto-

Tabela 1. Wartości współczynnika przepuszczalności energii całkowitej w zależności od rodzaju oszklenia

Rodzaj oszklenia	Współczynnik g_c przepuszczalności energii całkowitej
Pojedynczo szklone	0,85
Podwójnie szklone	0,75
Podwójnie szklone z powłoką selektywną	0,67
Potrójnie szklone	0,7
Potrójnie szklone z powłoką selektywną	0,5
Okna podwójne	0,75

Tabela 2. Wartości współczynników korekcyjnych ze względu na zastosowane urządzenia przeciwśoneczne

Typ zasłon	Właściwości optyczne		Współczynnik redukcji promieniowania f_c	
	Współczynnik absorpcji	Współczynnik przepuszczalności	Kurtyna wewnętrzna	Kurtyna zewnętrzna
Białe żaluzje o lamelach nastawnych	0,1	0,05	0,25	0,10
		0,1	0,30	0,15
		0,3	0,45	0,35
Zasłony białe	0,1	0,5	0,65	0,55
		0,7	0,80	0,75
		0,9	0,95	0,95
Tkaniny kolorowe	0,3	0,1	0,42	0,17
		0,3	0,57	0,37
		0,5	0,77	0,57
Tkaniny z powłoką aluminiową	0,2	0,05	0,20	0,08

sunku do powierzchni całej elewacji nie może być większe niż:

- w budynku jednorodzinny (halowym) – 15%,
- w budynku wielokondygnacyjnym – 30%.

Przepuszczalność energii całkowitej

Dodatkowo w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, znulizowanym w listopadzie 2008 r. [3], określony został graniczny współczynnik przepuszczalności energii całkowitej okna oraz przegród przezroczystych g_c (rys. 1). Przegrody przezroczyste muszą spełnić ten warunek, co ma zapobiegać przegrzewaniu budynków i pomieszczeń. Graniczny współczynnik przepuszczalności energii całkowitej g_c liczony jest według wzoru:

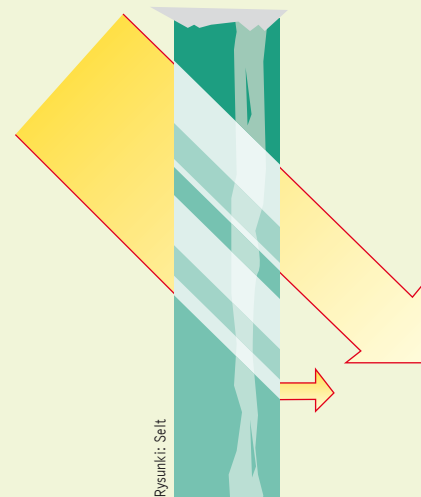
$$g_c = f_c \cdot g_G \quad (8),$$

gdzie:

g_G – współczynnik przepuszczalności energii całkowitej dla zestawu szybowego,

f_c – współczynnik korekcyjny ze względu na zastosowane urządzenia przeciwśoneczne.

Wartość g_c nie może być większa niż 0,5, z wyłączeniem okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, których udział f_G

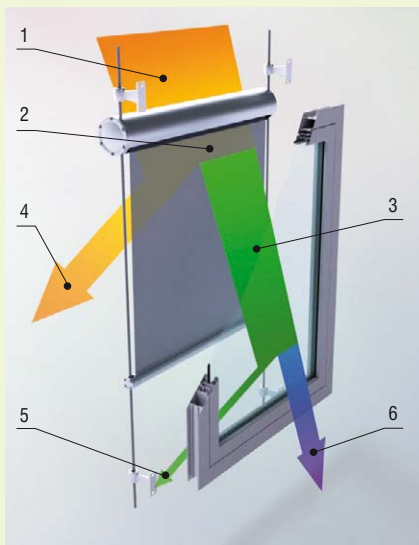


Rys. 1. Przepuszczalność promieniowania słonecznego przez przegrodę przezroczystą

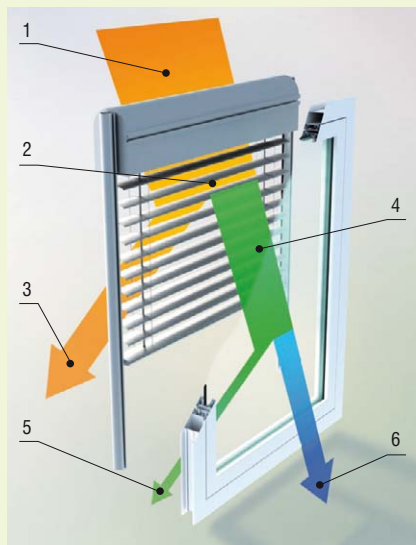
w powierzchni ściany jest większy niż 50% powierzchni ściany. Wówczas należy spełnić następującą zależność:

$$g_c \cdot f_G \leq 0,25.$$

Wymagania dotyczące g_c nie stosuje się w odniesieniu do powierzchni pionowych oraz powierzchni nachylonych więcej niż 60° do poziomu, skierowanych w kierunkach od północno-zachodniego do północno-wschodniego (kierunek pół-



Rys. 2. Schemat działania refleksioli:
 1 – promieniowanie słoneczne,
 2 – promieniowanie pochłonięte,
 3 – promieniowanie przenikające przez przesłonę, 4 – promieniowanie odbite od przesłony, 5 – odbicie od szyby, 6 – promieniowanie przenikające do pomieszczenia.



Rys. 3. Schemat działania żaluzji:
 1 – promieniowanie słoneczne,
 2 – promieniowanie pochłonięte,
 3 – promieniowanie odbite od przesłony, 4 – promieniowanie przenikające przez przesłonę, 5 – odbicie od szyby, 6 – promieniowanie przenikające do pomieszczenia.



Fot. Refleksioli zamontowane na drzwiach balkonowych i oknach

nocy $\pm 45^\circ$), okien chronionych przed promieniowaniem słonecznym przez sztuczną przegrodę lub naturalną przegrodę budowlaną oraz do okien o powierzchni mniejszej niż $0,5 \text{ m}^2$.

W rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [3] określono wartości współczynnika przepuszczalności energii całkowitej dla określonych zestawów sz玻owych (tabela 1), a także wartości współczynników korekcyjnych ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne (tabela 2).

Ruchome elementy ZACIENIAJĄCE

Nasłonecznienie pomieszczeń w ostatnich latach wzrasta, a wraz z nim rosną temperatury w budynkach, dlatego poszukuje się coraz nowszych rozwiązań dających ochronę

przed przegrzewaniem budynków. Najlepiej, gdy osłony umożliwiają wykorzystywanie oddziaływania słońca w okresie ogrzewczym dzięki kumulacji maksymalnych zysków ciepła, a latem ograniczają nagrzewanie budynków. Szczególnie opłacalne może się okazać stosowanie takich rozwiązań w budynkach chłodzonych.

Istnieją też specjalne szyby zmieniające przepuszczalność promieniowania słonecznego w zależności od temperatury wewnętrznej, sterowane za pomocą czujników temperatury. Koszt takich rozwiązań jest jednak ogromny.

Najczęściej stosowane oraz najkorzystniejsze ze względów energetycznych są refleksioli (rys. 2, fot.) lub specjalne żaluzje zewnętrzne (rys. 3). Skuteczność takich osłon zależy od położenia przegrody przezroczystej względem stron świata, powierzchni przeszklenia oraz przepuszczalności energii promieniowania słonecznego przez szybę.

Rozwiązania OPTYMALNE

Dane dotyczące analizowanych budynków

W poszukiwaniu optymalnych rozwiązań przegród przezroczystych przeanalizujemy dwa przykłady: budynku ogrzewanego oraz budynku ogrzewanego z instalacjami chłodzenia.

Powierzchnia przegród zewnętrznych (A) analizowanego budynku wynosi $2442,17 \text{ m}^2$,

Partnerzy cyklu

„Energoozczędność w budownictwie”:

BOŚ
 BANK

build⁷desk
 save your energy

DAES Dolnośląska Agencja
 Energii i Środowiska

EcoTherm

epbd.pl
 Wszystko o świadectwach energetycznych budynków

MIWO

STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW
 WEŁNY MINERALNEJ: SZKLANEJ I SKALNEJ

kubatura ogrzewana (Ve): 4422,15 m³, wskaźnik zwartości (A/Ve): 0,55 1/m.

Budynek zasilany jest z węzła ciepłego (współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w = 0,8). Ciepło dostarczane jest za pomocą zlokalizowanego w budynku węzła kompaktowego wyposażonego w automatykę pogodową. Każde mieszkanie wyposażone jest w węzłki, sprawność instalacji c.o. $\eta_{H,tot} = 95\%$ (zgodnie z rozporządzeniem w sprawie metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego [1]). Instalacja c.w.u. zasilana jest z elektrociepłowni (w = 0,8), sprawność c.w.u. $\eta_{W,tot} = 55\%$.

W wersji budynku z chłodzeniem wprowadzono w dni robocze 4- oraz 6-godzinne przerwy w ogrzewaniu, w weekendy przerwy 6-godzinne, a także w dni robocze 14-godzinne przerwy w chłodzeniu oraz 12-godzinne przerwy weekendowe. Przygotowanie chłodu realizowane jest centralnie, współczynnik efektywności energetycznej wytworzenia chłodu ESERR = 5,5.

Parametry przestrzeni ogrzewanej wentylowanej w analizowanym budynku są następujące:

- powierzchnia użytkowa – 1191,15 m², powierzchnia ruchu – 40,50 m², razem – 1231,65 m²,

- kubatura powierzchni użytkowej – 3226,98 m³, kubatura powierzchni ruchu – 121,50 m³, razem – 3348,48 m³.

Parametry instalacji c.o., c.w.u. oraz instalacji chłodzenia analizowanego budynku zamieszczono w tabeli 3, parametry izolacyjne przegród nieprzezroczystych przedstawiono w tabeli 4.

W budynku występują osłony poziome – płyty balkonowe oraz zacielenia pionowe wynikające z geometrii budynku. Z tego powodu wartość g_c jest różna.

Metodologia obliczeń wpływu osłon na ocenę energetyczną budynku

W budynku ogrzewanym jako wartości bazowe przyjęto przegrody przezroczyste o współczynniku przenikania ciepła $U_w = 1,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Analizując wpływ osłon na ocenę energetyczną budynku, uwzględniono metodę opisaną w normie PN-EN ISO 13790:2008 [5], która umożliwia obliczenie wpływu różnego rodzaju osłon na jakość energetyczną budynku. Dla każdego otworu i dla każdego miesiąca oblicza się:

$$\Phi_{sol} = F_{sh,ob} A_{sol} I_{sol} - F_r \Phi_r \quad (9)$$

gdzie:

$F_{sh,ob}$ – współczynnik zacielenia związanego z zewnętrznymi elementami zacieleniający-

Tabela 3. Parametry instalacji c.o., c.w.u. i oraz instalacji chłodzenia w analizowanym budynku

Instalacja	Parametry	Wartość
C.o.	Zapotrzebowanie na energię końcową do ogrzewania i wentylacji, $Q_{K,H}$	104 798,16 kWh/rok
	Zapotrzebowanie na energię pierwotną do ogrzewania i wentylacji, $Q_{P,H}$	83838,53 kWh/rok
	Całkowita średnia sprawność źródeł ciepła na ogrzewanie, $\eta_{H,tot}$	0,95
	Średni współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na ogrzewanie, w	0,80
C.w.u.	Zapotrzebowanie na energię końcową do podgrzania ciepłej wody, $Q_{K,W}$	44 285,66 kWh/rok
	Zapotrzebowanie na energię pierwotną do podgrzania ciepłej wody, $Q_{P,W}$	35 428,53 kWh/rok
	Całkowita średnia sprawność źródeł ciepła na potrzeby c.w.u., $\eta_{W,tot}$	0,55
	Średni współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na potrzeby c.w.u., w	0,80
Chłodzenia	Zapotrzebowanie na energię końcową do chłodzenia, $Q_{K,C}$	1261,68 kWh/rok
	Zapotrzebowanie na energię pierwotną do chłodzenia, $Q_{P,C}$	3785,04 kWh/rok
	Całkowita średnia sprawność źródeł chłodu, $\eta_{C,tot}$	5,07
	Średni współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na chłodzenie, w	3,00

Tabela 4. Parametry izolacyjne przegród nieprzezroczystych w analizowanym budynku

Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² ·K)]	Powierzchnia przegród zewnętrznych A [m ²]	Współczynnik strat ciepła przez przenikanie przez przegrody H_{tr} [W/K]	Współczynnik temperaturowy f_{Rsi}
Strop przy przepływie ciepła z góry do dołu	0,322	563,45	145,14	0,95
Stropodach	0,242	400,25	96,86	0,98
Ściana zewnętrzna	0,290	1071,34	310,69	0,96
Razem	0,289	2035,04	552,69	0,96

mi (liczony na podstawie normy PN-EN ISO 13790:2008 [5]):

$$F_{sh,ob} = F_{hor} F_{ov} F_{fin} \quad (10)$$

gdzie:

F_{hor} – czynnik zacielenia od otoczenia wyznaczany na podstawie: kąta wzniesienia (0.40)°, orientacji okna oraz szerokości geograficznej: (49, 50, 51, 52, 53, 54)°,

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

F_{fin} – czynnik zacielenia od elementów poziomych wyznaczany na podstawie: kąta dla elementu poziomego (0..60)°, orientacji

okna szerokości geograficznej: (49, 50, 51, 52, 53, 54)°,

A_{sol} – efektywne pole powierzchni nastończeniowej:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_r) A_{w,p} \quad (11)$$

gdzie:

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

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1 - f_{sh,with}) g_{gl} + f_{sh,with} g_{gl+sh}]}{g_{gl}} \quad (12)$$

gdzie:

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

Tabela 5. Parametry izolacyjne przegród przezroczystych w analizowanym budynku

Współczynnik przenikania ciepła U [W/(m ² ·K)]	Współczynnik przepuszczalności energii całkowitej g _c	Powierzchnia przegród A [m ²]	Współczynnik strat ciepła przez przenikanie przez przegrodę H _{tr} [W/K]	Współczynnik strat ciepła w miejscach mostków liniowych H _{tr} [W/K]	Współczynnik strat ciepła H _{tr} łącznie [W/K]
1,800	0,44	39,68	71,42	2,59	74,01
	0,54	186,74	336,13	9,46	345,59
	0,67	82,56	148,61	3,42	152,03
	0,51*	407,13	732,83	21,14	753,97

Tabela 6. Spełnienie wymagań prawnych dla budynku z przegrodami przezroczystymi o wartości U_w = W/(m²·K)

Wskaźnik EP dla budynku	Wartość [kWh/(m ² ·rok)]
Projektowanego	124,27
Nowego według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3]	131,36
Przebudowywanego według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3]	151,06

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

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

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 (kąt uwzględniony jest przez wsp. k_α),

F_r – współczynnik kierunkowy dla danego otworu i powierzchni nieba (1,0 dla niezacienionego poziomego dachu; 0,5 dla niezacienionej pionowej ściany): 0° – 1,000; 30° – 0,833; 45° – 0,750; 90° – 0,667; 90° – 0,500.

Analiza wpływu przegród przezroczystych na ocenę energetyczną budynku

Parametry izolacyjne przegród przezroczystych przy wartościach bazowych U_w = 1,8 W/(m²·K) przedstawiono w tabeli 5, natomiast spełnienie wymagań prawnych przez taki budynek – w tabeli 6.

Wartość wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej EP wynosi EP (U_w = 1,8) = 124,27 kWh/(m²·rok) i spełnia wymagania graniczne EP według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3] = 131,36 kWh/(m²·rok).

W dalszych obliczeniach dokonano zmiany w zakresie izolacyjności termicznej sto-

larki okiennej, wprowadzając wartość U_w = 1,5 W/(m²·K), 1,3 W/(m²·K), 1,0 W/(m²·K), 0,9 W/(m²·K), oraz 0,8 W/(m²·K); wyniki zamieszczono w tabelach 7 i 8. Wartość wskaźnika nieodnawialnej energii pierwotnej przy:

- U_w = 1,5 W/(m²·K) EP (U_w = 1,5) = 116,76 kWh/(m²·rok) i jest mniejsza od EP (U_w = 1,8) = 10,51 kWh/(m²·rok), co wpływa na obniżenie wartości EP o 8,5%;

- U_w = 1,3 W/(m²·K) EP (U_w = 1,3) = 111,79 kWh/(m²·rok) i jest mniejsza od EP (U_w = 1,8) o 12,48 kWh/(m²·rok), co wpływa na obniżenie EP o 10%;

- U_w = 1,0 W/(m²·K) EP (U_w = 1,0) = 111,70 kWh/(m²·rok) i jest mniejsza od EP (U_w = 1,8) o 12,57 kWh/(m²·rok), co wpływa na obniżenie EP o 10,1%;

- U_w = 0,9 W/(m²·K) EP (U_w = 0,9) = 109,19 kWh/(m²·rok) i jest mniejsza od EP (U_w = 1,8) o 15,08 kWh/(m²·rok), co wpływa na obniżenie EP o 12,1%;

- U_w = 0,8 W/(m²·K) EP (U_w = 0,8) = 106,68 kWh/(m²·rok) i jest mniejsza od EP (U_w = 1,8) o 17,58 kWh/(m²·rok), co wpływa na obniżenie EP o 14,02%.

Podsumowanie wpływu stolarki okiennej na ocenę energetyczną budynku ograniczonego:

- przy przyjętej wartości granicznej dla stolarki U_w = 1,8 W/(m²·K) budynek spełnia wymagania prawa budowlanego pod względem wartości EP i wartości granicznych U_{maxi};

- warto zastosować stolarkę okienną o wartości U_w = 1,3–1,2 W/(m²·K) pod warunkiem wyposażenia okna w szybę o wartości g_c = 0,67 (okład dwuszy-

Tabela 7. Analiza wpływu stolarki okiennej na ocenę energetyczną budynku w zależności od izolacyjności termicznej stolarki

Współczynnik przenikania ciepła U_w [W/(m ² ·K)]	Współczynnik przepuszczalności energii całkowitej okna oraz przegrodę przezroczystych g_c	Powierzchnia przegrod A [m ²]	Współczynnik strat ciepła przez przenikanie przez przegrodę H_{tr} [W/K]	Współczynnik strat ciepła w miejscach mostków liniowych H_{tr} [W/K]	Współczynnik strat ciepła H_{tr} łącznie [W/K]
1,500	0,37	98,15	147,22	5,67	152,90
	0,44	39,68	59,52	2,59	62,11
	0,54	186,74	280,11	9,46	289,56
	0,67	82,56	123,84	3,42	127,26
	0,51	407,13	610,70	21,14	631,83
1,300	0,37	98,15	127,60	5,67	133,26
	0,44	39,68	51,58	2,59	54,17
	0,54	186,74	242,76	9,46	252,22
	0,67	82,56	107,33	3,42	110,75
	0,51	407,13	529,27	21,14	550,40
1,000	0,28	98,15	98,15	5,67	103,82
	0,32	39,68	39,68	2,59	42,27
	0,40	186,74	186,74	9,46	196,20
	0,50	82,56	82,56	3,42	85,98
	0,38	407,13	407,13	21,14	428,26
0,900	0,28	98,15	88,34	5,67	94,00
	0,32	39,68	35,71	2,59	38,30
	0,40	186,74	168,07	9,46	177,52
	0,50	82,56	74,30	3,42	77,72
	0,38	407,13	366,42	21,14	387,55
0,800	0,28	98,15	78,52	5,67	84,19
	0,32	39,68	31,74	2,59	34,33
	0,40	186,74	149,39	9,46	158,85
	0,50	82,56	66,05	3,42	69,47
	0,38	407,13	325,70	21,14	346,84

Tabela 8. Spełnienie wymagań prawnych dla budynku z przegrodami przezroczystymi o różnej izolacyjności termicznej

Współczynnik przenikania ciepła U_w przegrody [W/(m ² ·K)]	Wartość wskaźnika EP [kWh/(m ² ·rok)] dla budynku	
	Projektowanego	Nowego według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3]
1,5	116,76	131,36
1,3	111,79	
1,0	111,70	
0,9	109,19	
0,8	106,68	

bowy). Koszt stolarki jest niewiele większy od stolarki spełniającej minimalne wymagania prawne, a wartość EP jest mniejsza o ok. 10%;

■ stolarka o $U_w = 1,0$ z trzyszybowym przeszkleniem o $g_c = 0,5$ ma niewielki wpływ na poprawę wartości EP. Dla budynków ogrzewanych nie jest korzystne stosowa-

nie układów trzyszybowych, które mają niekorzystny wpływ na zyski ciepła do promieniowania słonecznego;

■ w celu uniknięcia przegrzewania pomieszczeń w okresie letnim należy rozważyć zastosowanie osłon przeciwsłonecznych działających okresowo. W okresie zimowym umożliwiają one pozyskiwanie energii słonecznej, w letnim zaś chronią pomieszczenia przed przegrzewaniem. Polecanym rozwiązaniem są zewnętrzne osłony czasowe, ponieważ charakteryzują się większą skutecznością od rozwiązań wewnętrznych;

■ stosowanie stolarki niskoenergetycznej ($U_w < 0,9$ W/(m²·K)) oraz stolarki pasywnej ($U_w < 0,8$ W/(m²·K)) wymaga wykonania analizy opłacalności, której zastosowanie przy aktualnych cenach może okazać się nieuzasadnione ekonomicznie;

■ większe korzyści z zastosowania stolarki energooszczędnej ($U_w < 1,0$ W/(m²·K)) lub pasywnej ($U_w < 0,8$ W/(m²·K)) mogą wystąpić w budynkach z chłodzeniem.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej (DzU z 2008 r. nr 201, poz. 1240).
2. Ustawa z dnia 19 września 2007 r. o zmianie ustawy – Prawo budowlane (DzU z 2007 r. nr 191, poz. 1373).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2008 r. nr 201, poz. 1238 ze zm.).
4. PN-EN ISO 10077-1 „Właściwości cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część I. Metoda uproszczona”.
5. PN-EN ISO 13790:2008 „Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii do ogrzewania i chłodzenia”.
6. PN-EN 1026:2001 „Okna i drzwi. Przepuszczalność powietrza. Metoda badania”.
7. PN-EN 1191:2002 „Okna i drzwi. Odporność na wielokrotne otwieranie i zamykanie. Metoda badania”.
8. PN-EN 1027:2001 „Okna i drzwi. Wodoszczelność. Metoda badania”.
9. PN-EN 12046-1:2004 „Siły operacyjne. Metoda badania. Część 1: Okna”.
10. PN-EN 12210:2001 „Okna i drzwi. Odporność na obciążenie wiatrem. Klasyfikacja”.
11. PN-EN 12211:2001 „Okna i drzwi. Odporność na obciążenie wiatrem. Metoda badania”.
12. PN-EN 12400:2004 „Okna i drzwi. Trwałość mechaniczna. Wymagania i klasyfikacja”.
13. PN-EN 13115:2002 „Okna. Klasyfikacja właściwości mechanicznych. Obciążenia pionowe, zwichrowanie i siły operacyjne”.