

**Alina PIETRZAK**  
Politechnika Częstochowska

## KONCEPCJA „SZKLANYCH DOMÓW” W BUDOWNICTWIE ENERGOOSZCZĘDNYM

W artykule omówiono funkcje, jakie w budownictwie pełnią szklane przegrody. Przedstawiono również wymagania pod względem izolacyjności cieplnej oraz bilansu energetycznego przeszkleń.

**Słowa kluczowe:** szklane domy, izolacyjność cieplna przeszkleń, bilans energetyczny przeszkleń

### WPROWADZENIE

W XXI wieku obserwuje się wzrost świadomości społeczeństwa na temat ochrony środowiska naturalnego, jako że działalność człowieka wpływa na nie w coraz większym stopniu. Bardzo istotne staje się więc zrozumienie konsekwencji podejmowanych przez nas działań, racjonalne kształtowanie środowiska, a przede wszystkim odpowiednie gospodarowanie jego zasobami. Świadomość społeczeństwa o konieczności ochrony środowiska naturalnego pogłębia się i rozszerza na kolejne dziedziny życia, w tym także na technologie wykorzystywane w budownictwie.

Budynki energooszczędne i pasywne coraz częściej i chętniej brane są pod uwagę przy decyzji o budowie czy zakupie nowego, własnego mieszkania lub domu. Zastosowanie nowoczesnych, proekologicznych technologii i rozwiązań to nie tylko bycie „trendy”, ale przede wszystkim przejaw odpowiedzialności za środowisko, które nas otacza.

### 1. FUNKCJE SZKLANYCH PRZEGRÓD W BUDYNKACH

Stosowanie szklanych przegród w budynkach wynika z potrzeby doświetlenia pomieszczeń światłem dziennym oraz utrzymania kontaktu wzrokowego użytkownika z otoczeniem lub między pomieszczeniami w budynku (rys. 1), a także stworzenia wrażenia przestrzeni. Szklane przegrody budowlane muszą spełniać jednak różnorodne funkcje, tzn. z jednej strony maksymalizują zyski i minimalizują straty ciepła w czasie chłódów, a z drugiej chronią przed promieniowaniem słonecznym w czasie upałów. Zewnętrzne przegrody przezroczyste powinny również, poprzez

możliwość kontrolowanego rozszczelnienia, zapewnić dopływ odpowiedniej ilości powietrza do wentylacji pomieszczeń.



Rys. 1. Przykłady budynków ze szklanymi przegrodami: a) Wydział Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, b) Biblioteka Śląska w Katowicach, c) Złote Tarasy w Warszawie [1]

Dodatkowe wymagania dla szklanych przegród, wynikające z warunków użytkowania:

- bezpieczeństwo użytkowania, tzn. minimalizacja możliwości skaleczenia się przez ludzi przy nagłym, niekontrolowanym zniszczeniu;
- ochrona przed włamaniem;
- ochrona przed hałasem wewnętrznym bądź zewnętrznym;
- ochrona przed rozprzestrzenianiem się ognia;
- estetyczny wygląd zarówno elewacji budynku, jak i wewnątrz pomieszczeń.

W wyniku postępu, jaki dokonał się w zakresie technologii szkła, spełnienie tych wszystkich, częściowo sprzecznych ze sobą, wymagań jest jednak możliwe. Mądre rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne pozwoliły na skonstruowanie przeszkleń o ściśle określonych parametrach użytkowych. Na dzień dzisiejszy możliwy

jest wybór spośród wielu istniejących rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych wysokoprzetwarzanego, modyfikowanego szkła budowlanego. Rozwiązania te stopniowo zyskują coraz większą popularność.

## 2. WYMAGANIA IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZESZKLEŃ

Współczynnik przenikania ciepła  $U$  [ $W/m^2K$ ] jest podstawowym parametrem służącym do szacowania strat ciepła przez przegrodę, w tym też przez przegrodę szklaną. Wielkość ta opisuje wymianę ciepła jednostki powierzchni przegrody przy jednostkowej różnicy temperatur powietrza po obu jej stronach. Ograniczenie strat ciepła w budynkach sprowadza się przede wszystkim do zmniejszenia współczynnika  $U$  przegród budowlanych.

Obowiązującym aktem prawnym jest Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]. Wymogi z początkiem bieżącego roku zostały zaostrzone (tab. 1), co wiąże się z coraz większym wykorzystaniem szyb ciepłochłonnych w większości typów budynków realizowanych w naszych warunkach klimatycznych.

Tabela 1. Współczynnik przenikania ciepła  $U$  dla okien i przegród przezroczystych, zawarty w rozporządzeniu [2]

	Okna, drzwi balkonowe i zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [ $W/(m^2 K)$ ]		
		od 1.01.2014 r.	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r.
1	Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne			
	przy $t_i \geq 16^\circ C$	1,3	1,1	0,9
	przy $t_i < 16^\circ C$	1,8	1,6	1,4
2	Okna połaciowe			
	przy $t_i \geq 16^\circ C$	1,5	1,3	1,1
	przy $t_i < 16^\circ C$	1,8	1,6	1,4
3	Okna w ścianach wewnętrznych			
	przy $\Delta t_i \geq 8^\circ C$	50,3	29,7	6,7
	przy $\Delta t_i < 8^\circ C$	bez wymagań		
	oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,5	1,3	1,1
4	Drzwi w przegrodach zewnętrznych lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,7	1,5	1,3
5	Okna i drzwi zewnętrzne w przegrodach zewnętrznych pomieszczeń nieogrzewanych	bez wymagań		

Przy doborze przegród szklanych w budynkach bardzo ważne jest uwzględnienie wytycznych dotyczących powierzchni przegród szklanych w budynkach. W dziale III rozporządzenia [2] dotyczącym oświetlenia i nasłonecznienia przedstawione są wymogi odnośnie do powierzchni oszkleń pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi. Stosunek powierzchni okien, liczonej w świetle ościeżnic, do powierzchni podłogi powinien wynosić co najmniej 1:8, natomiast w pomieszczeniach, w których oświetlenie dzienne jest wymagane ze względu na przeznaczenie - co najmniej 1:12.

W załączniku nr 2 rozporządzenia [2] dotyczącym innych wymagań związanych z oszczędnością energii sformułowano warunek, że powierzchnia okien oraz przegród szklanych i przezroczystych  $A_o$  [ $m^2$ ], o współczynniku przenikania ciepła  $U$  nie mniejszym niż  $0,9 \text{ W}/(m^2 \text{ K})$ , obliczona według wymiarów modułowych, w budynkach mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego, nie powinna być większa od wartości  $A_{o \max}$  obliczonej według wzoru:

$$A_{o \max} = 0,15 A_z + 0,03 A_w \quad (1)$$

gdzie:

$A_z$  - suma pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

$A_w$  - suma pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu  $A_z$ .

Ten sam warunek powinien być spełniony w budynku użyteczności publicznej, jeśli nie jest to sprzeczne z warunkami odnośnie do zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym pomieszczeń [2].

### Współczynnik przenikania ciepła okien

Nowoczesne układy szyb zespolonych mają znacznie poprawioną izolacyjność cieplną, co doprowadziło do sytuacji, gdzie oszklenie posiada lepszą izolacyjność cieplną niż materiał ramy, tzn. okno traktowane jako całość posiada najczęściej gorsze parametry izolacyjności cieplnej niż oszklenie. Należy również uwzględnić właściwości cieplne obrzeża szyby, które jest mostkiem termicznym (miejszem wzmoczonej ucieczki ciepła), przez co pogarsza się współczynnik przenikania ciepła okna. Szyba zespolona posiada więc współczynnik przenikania ciepła lepszy niż średnioważony współczynnik obliczony dla całego okna [1].

Współczynnik przenikania ciepła okna  $U_w$  [ $\text{W}/(m^2 \text{ K})$ ] dla standardowych okien z szybami zespolonymi zaleca się, zgodnie z metodyką przytoczoną w normie [3], określać wzorem:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \Psi_g}{A_g + A_f} \quad (2)$$

gdzie:

$A_g$  - pole powierzchni oszklonej [ $m^2$ ],

$A_f$  - pole powierzchni ramy [ $m^2$ ],

$l_g$  - obwód oszklenia [m],

$U_g$  - współczynnik przenikania ciepła oszklenia (szyby zespolonej) [ $W/(m^2 K)$ ],

$U_f$  - współczynnik przenikania ciepła ramy okiennej [ $W/(m^2 K)$ ],

$\Psi_g$  - liniowy współczynnik przenikania ciepła na obrzeżu oszklenia [ $W/(m K)$ ].

Dla ram okiennych orientacyjnie współczynniki  $U_f$  można przyjmować na poziomie [1]:

– dla ramy drewnianej  $U_f = 1,4 W/m^2 K$ ,

– dla ramy z tworzywa sztucznego  $U_f \approx 2,0 W/m^2 K$ ,

– dla ramy aluminiowej  $U_f = 2,0 \div 3,0 W/m^2 K$ .

### 3. BILANS ENERGETYCZNY PRZESZKLEŃ

Bilans energetyczny przeszkleń  $E$  (efektywny współczynnik przenikania ciepła) jest to różnica między stratami ciepła przez przenikanie (wartość współczynnika przenikania ciepła szyby  $U$ ) a zyskami energetycznymi z promieniowania słonecznego (z uwzględnieniem współczynnika  $g$ ), w rozpatrywanym czasie (najczęściej jest to okres grzewczy). Parametr ten stanowi ważny element przy analizie zysków i strat energii budynku. Współczynnik  $E$  może przyjmować wartości ujemne - oznacza to, że zyski ciepła są wyższe niż straty. Metodykę określania bilansu energetycznego opisuje europejska norma [4]. Bilans energetyczny zaleca się obliczać ze wzoru:

$$E = U - \frac{\eta g f H_p}{D_p} \quad (3)$$

gdzie:

$\eta$  - współczynnik użyteczności; stosunek uzyskanego ciepła, które zastępuje funkcjonalne ogrzewanie w okresie grzewczym, do całkowitych zysków ciepła w tym okresie; dla celów porównawczych norma zaleca przyjąć  $\eta = 0,6$ ;

$f$  - współczynnik stosowany do oszkleń zabrudzonych lub zacienionych; dla celów porównawczych norma zaleca przyjąć  $f = 0,8$ ;

$H_p$  - wartość promieniowania słonecznego [ $kWh/m^2$ ], padającego na pionową powierzchnię podczas rozpatrywanego okresu,

$D_p$  - suma jednostek temperaturowych, gdzie jedna jednostka jest liczbą stopni, o którą średnia temperatura w ciągu dnia jest niższa od temperatury podstawowej (którą dla celów porównawczych norma [4] zaleca przyjmować  $18^\circ C$ ); liczbę jednostek oblicza się dla każdego dnia rozpatrywanego okresu i sumuje.

Norma zaleca przyjmować wartości  $H_p$  i  $D_p$  na podstawie danych klimatycznych. Zamieszczone przykładowe dane lokalizacyjne nie obejmują Polski - dla Berlina

określono następujące przykładowe współczynniki obejmujące sezon grzewczy wrzesień-maj:

- $D_p = 3335 \text{ K}\cdot\text{24 h}$ ,
- $H_p = 203 \text{ kWh/m}^2$  dla elewacji północnej,
- $H_p = 358 \text{ kWh/m}^2$  dla elewacji wschodniej i zachodniej,
- $H_p = 518 \text{ kWh/m}^2$  dla elewacji południowej.

Norma [4] dopuszcza również szacowanie bilansu energetycznego metodą uproszczoną:

$$E = U - g S \quad (4)$$

gdzie  $S$  - jest współczynnikiem charakterystycznym dla określonego kraju lub regionu; w literaturze niemieckiej dla Europy Środkowej proponuje się: 1,0 dla elewacji północnej, 1,4 dla elewacji wschodniej i zachodniej, 2,0 dla elewacji południowej.

## ZAKOŃCZENIE

Szkoło niemal od zawsze inspirowało wielkich architektów. Mityczne „szklane domy” w XXI wieku stały się rozwiązaniem realnym i bardzo atrakcyjnym wizualnie, o nieograniczonych możliwościach i wysokim komforcie mieszkalnym, choć niestety ich wykonanie na dzień dzisiejszy nie należy do najtańszych. Przede wszystkim jest to rozwiązanie sprzyjające ochronie środowiska naturalnego, na co kładzie się dzisiaj ogromny nacisk. Dzięki zastosowaniu powierzchni przeszkłonych uzyskujemy wizualnie powiększoną przestrzeń, co ma znaczenie przy niewielkich metrażach, a przede wszystkim powierzchnię domu doskonale naświetloną, co pozwala znacząco ograniczyć koszty zużycia energii. Poza tym zastosowanie szklanych przegród daje niezwykle i oryginalne możliwości designerskie. Szkoło wykorzystywane do budowy powinno być niezwykle wytrzymałe, co zapewnia oryginalny wygląd budynku przez wiele lat.

## LITERATURA

- [1] Respondek Z., Sprzężone gazowo płyty szklane w budownictwie. Sposoby badań i obliczeń, Seria Monografie Nr 151, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami.
- [3] PN-EN ISO 10077-1 Właściwości cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 1: Metoda uproszczona.
- [4] PN-EN ISO 14438:2005 Szkoło w budownictwie. Określenie wartości bilansu energetycznego. Metoda obliczeniowa.
- [5] Zabłocka-Kos A., Szklane domy, Budowlany Informator Techniczny 2001, 12.

- [6] Respondek Z., Rajczyk M., Nowoczesne technologie produkcji szyb - nowe możliwości poprawy funkcjonalności przeszkleń, [w:] Zwiększenie efektywności procesów przemysłowych i budowlanych w budownictwie, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2004, 127-135.
- [7] Respondek Z., Nowoczesne sposoby modyfikacji szkła budowlanego, [w:] Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym, pod red. T. Bobki, J. Rajczyka, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007, 317-324.

## **THE CONCEPT OF "GLASS HOUSES" IN ENERGY-EFFICIENT CIVIL ENGINEERING**

**The article discusses the functions performed by glass partitions in the building industry. It also presents the requirements in terms of thermal insulation glazing and energy balance.**

**Keywords:** glass houses, thermal insulation glazing, glazing energy balance