

Jakość energetyczna budynków

cz. I – Stolarka budowlana

Na końcową ocenę energetyczną budynku ma duży wpływ izolacyjność termiczna przegród. Szczególne znaczenie ma stolarka budowlana, której udział w stratach ciepła zależy od powierzchni stolarki, izolacyjności termicznej, przepuszczalności energii cieplnej promieniowania słonecznego oraz usytuowania względem stron świata.

W budynku, który spełnia obecne wymagania prawne dotyczące izolacyjności termicznej, przez stolarkę budowlaną ucieka ok. 15% energii, czyli niemal tyle samo, co przez ściany, a także dach (rys. 2). Redukcja strat ciepła przez stolarkę jest więc zadaniem równie ważnym, co ograniczanie strat ciepła przez ściany i dach.

Wprowadzenie do budynku otworów okiennych i drzwiowych jest przyczyną utraty ciągłości lepiej izolowanej przegrody, np. ściany czy dachu, a także źródłem mostków cieplnych na połączeniu przegrody ze stolarką budowlaną (rys. 1). Z tego powodu uzyskanie oczekiwanej izolacyjności termicznej przegród może wymagać zastosowania zwiększonej izolacji termicznej kompensującej negatywny wpływ mostków termicznych.

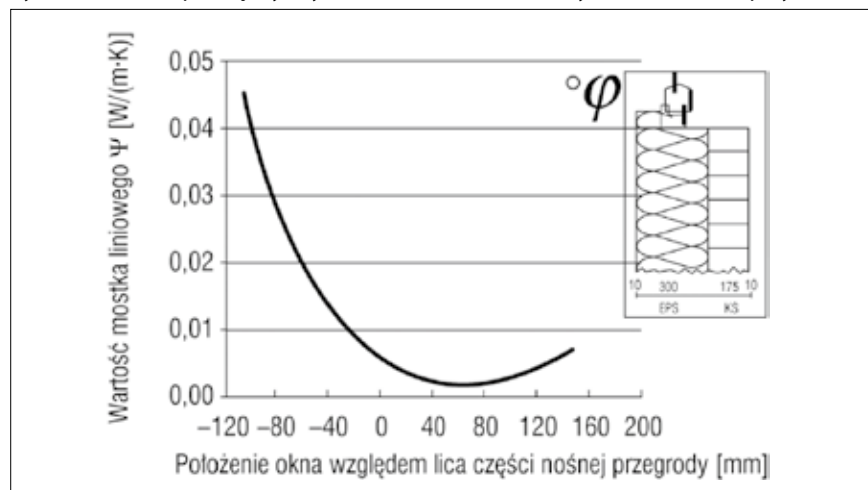
Współczynnik przenikania ciepła ściany bez otworów może wynosić $U_s = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, dla tej samej ściany tylko z otworami okiennymi wartość U_s

z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych może się wahać od 0,35 do 0,6 $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ w zależności od zaprojektowanych rozwiązań połączenia stolarki ze ścianą i jej izolacją termiczną. Od sposobu połączenia stolarki ze ścianą oraz od grubości izolacji termicznej węgarów, nadproży okiennych oraz podokienników zależy wpływ mostków cieplnych na izolacyjność ścian. Znaczenie ma też usytuowanie okna w ścianie. Na rys. 1 przedstawiono wartość liniowego mostka cieplnego Ψ w zależności od usytuowania okna względem lica ściany.

Jakość energetyczna budynku a stolarka budowlana

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]

Rys. 1. Zależność pomiędzy usytuowaniem okna a liniowym mostkiem cieplnym Ψ



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

gdzie:

Q_p – roczne zapotrzebowanie nieodnawialnej energii pierwotnej dla ogrzewania i wentylacji, przygotowania ciepłej wody oraz napędu urządzeń pomocniczych,

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

$$Q_p = Q_{p,H} + Q_{p,W} \quad \text{kWh/a}$$

gdzie:

$Q_{p,H}$ – roczne zapotrzebowanie energii pierwotnej przez system grzewczy i wentylacyjny do ogrzewania i wentylacji,

$Q_{p,W}$ – roczne zapotrzebowanie energii pierwotnej przez system do podgrzania ciepłej wody.

Obliczenie rocznego zapotrzebowania energii pierwotnej przez system grzewczy na ogrzewanie i wentylację wykonuje się według wzoru

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

gdzie:

$Q_{p,H}$ – roczne zapotrzebowanie energii pierwotnej przez system grzewczy i wentylacyjny do ogrzewania i wentylacji (kWh/a),

$Q_{K,H}$ – roczne zapotrzebowanie energii końcowej przez system grzewczy i wentylacyjny do ogrzewania i wentylacji (kWh/a),

$E_{el,pom,H}$ – roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej końcowej do napędu urządzeń pomocniczych systemu ogrzewania i wentylacji (kWh/a),

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 określa dostawca 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).

Roczne zapotrzebowanie energii końcowej przez system grzewczy i wentylacyjny do ogrzewania i wentylacji należy obliczać według wzoru:

Tabela 1. Wartości współczynnika przepuszczalności energii całkowitej dla zestawu szybowego

Rodzaj oszkleń	Współczynnik g_e przepuszczalności energii całkowitej dla zestawu szybowego
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 zastosowanie urządzenia przeciwsłonecznego

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

Tabela 3. Wymagania $U_{(max)}$ dotyczące okien, drzwi balkonowych i drzwi zewnętrznych w budynku mieszkalnym i zamieszkania zbiorowego według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3]

Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m ² ·K)]
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^\circ\text{C}$: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	1,8
	1,7
Okna połaciowe (bez względu na strefę klimatyczną) w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,8
Okna w ścianach oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	2,6
Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
Drzwi zewnętrzne wejściowe	2,6

t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve} \quad \text{kWh/miesiąc}$$

- miesięczne straty ciepła przez przenikanie $Q_{tr} = H_{tr} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_e) \cdot t_M \cdot 10^{-3}$ (kWh/miesiąc)
- miesięczne straty ciepła przez wentylację $Q_{ve} = H_{ve} \cdot (\theta_{int,H} - \theta_e) \cdot t_M \cdot 10^{-3}$ (kWh/miesiąc)

gdzie:

H_{tr} – współczynnik strat mocy cieplnej przez przenikanie przez wszystkie przegrody zewnętrzne (W/K),

H_{ve} – współczynnik strat mocy cieplnej na wentylację (W/K),

$\theta_{int,H}$ – temperatura wewnętrzna dla okresu ogrzewania w budynku lub lokalu mieszkalnym przyjmowana zgodnie z wymaganiami zawartymi w przepisach techniczno-budowlanych ($^\circ\text{C}$),
 θ_e – średnia temperatura powietrza zewnętrznego w analizowanym okresie miesięcznym według danych dla najbliższej stacji meteorologicznej ($^\circ\text{C}$),
 t_M – liczba godzin w miesiącu (h).

Współczynniki strat ciepła przez przenikanie należy obliczać ze wzoru:

$$H_{tr} = \sum_i [b_{tr,i} \cdot (A_i \cdot U_i + \sum_i l_i \cdot \Psi_i)] \quad \text{W/K}$$

gdzie:

$b_{tr,i}$ – współczynnik redukcyjny obliczeniowej różnicy temperatur i-tej przegrody (tabl. 6); dla przegród pomiędzy przestrzenia ogrzewaną i środowiskiem zewnętrznym $b_{tr} = 1$,

A_i – pole powierzchni i-tej przegrody otaczającej przestrzeń o regulowanej temperaturze, obliczanej wg wymiarów zewnętrznych przegrody (wymiaru okien i drzwi przyjmuje się jako wymiary otworów w ścianie) (m²),

U_i – współczynnik przenikania ciepła i-tej przegrody pomiędzy przestrzenia ogrzewaną i stroną zewnętrzną, obliczany w przypadku przegród nieprzezroczystych według normy PN-EN ISO 6946, w przypadku okien, świetlików i drzwi przyjmuje się zgodnie z normą wyrobu PN-EN ISO 10077-1 [W/(m²K)],

l_i – długość i-tego liniowego mostka cieplnego (m),

Ψ_i – liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka cieplnego [W/(mK)].

Isolacyjność termiczna okien

Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej okien określone są w załączniku do rozporządzenia [3] w postaci granicznych wartości współczynnika przenikania ciepła (tab. 3, 4, 5).

Obliczeń współczynnika przenikania ciepła można dokonać według normy

Tabela 4. Wymagania $U_{(max)}$ dotyczące stolarki budowlanej, świetlików i drzwi zewnętrznych w budynku użyteczności publicznej według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3]

Okna, drzwi balkonowe, świetliki i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m ² ·K)]
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne (fasady): a) przy $t_i > 16^\circ\text{C}$ b) przy $8^\circ\text{C} < t_i \leq 16^\circ\text{C}$ c) przy $t_i \leq 8^\circ\text{C}$	1,8 2,6 bez wymagań
Okna połaciowe i świetliki	1,7
Okna i drzwi balkonowe w pomieszczeniach o szczególnych wymaganiach higienicznych (pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi w szpitalach, żłobkach i przedszkolach)	1,8
Okna pomieszczeń piwnicznych i poddaszy nieogrzewanych oraz świetliki nad klatkami schodowymi nieogrzewanymi	bez wymagań
Drzwi zewnętrzne wejściowe do budynków	2,6

* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu

Tabela 5. Wymagania $U_{(max)}$ dotyczące okien, świetlików, drzwi i wrot w budynku produkcyjnym według rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [3]
Budynek produkcyjny, magazynowy i gospodarczy

Okna, świetliki, drzwi i wrota	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [W/(m ² ·K)]
Okna (z wyjątkiem połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne w pomieszczeniach o $t_i \geq 16^\circ\text{C}$: a) w I, II i III strefie klimatycznej b) w IV i V strefie klimatycznej	1,9 1,7
Okna połaciowe (bez względu na strefę klimatyczną) w pomieszczeniach o $t_i > 16^\circ\text{C}$	1,8
Okna w ścianach oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych	2,6
Drzwi i wrota w przegrodach zewnętrznych	2,6

* t_i – temperatura obliczeniowa w pomieszczeniu

PN-EN ISO 10077-1 Właściwości cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część I. Metoda uproszczona [13] według wzoru:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g Y_g}{A_g + A_f}$$

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.

Ze wzoru wynika, że okna wykonane z tych samych materiałów, ale o innych wymiarach, mogą mieć inne parametry izolacyjności termicznej (rys. 3).

Wymagania stawiane obecnie stolarze budowlanej

Wymagania ogólne dotyczące stolarki budowlanej zostały określone w art. 5 ust. 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 spełnienie wymagań podstawowych dotyczących (...) oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród.*

Wymagania szczegółowe dotyczące przegród przezroczystych

Podstawowe wymagania stawiane przegrodom przezroczystym zawarte są w § 57.1 rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [3]: *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.*

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 [3] okna powinny także spełniać warunek minimalnej izolacyjności termicznej oraz właściwej powierzchni przezroczystej.

Powierzchnia okien

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

$$A_{0max} = 0,15 A_z + 0,03 A_w$$

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_p , wyrażone w metrach kwadratowych, okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość A_{0max} obliczona według po-

wyższego 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 stosunku do powierzchni całej elewacji nie może być większe niż:

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

Przepuszczalność energii całkowitej

Dodatkowo określony został graniczny współczynnik przepuszczalności energii całkowitej okna oraz przegród przezroczystych g_c , który odnosi się do wszystkich rodzajach budynków. Przegrody przezroczyste muszą spełnić warunek przepuszczalności energii. Ma to zapobiegać przegrzewaniu budynków i pomieszczeń. Graniczny współczynnik przepuszczalności energii całkowitej g_c liczony jest według wzoru:

$$g_c = f_c \cdot g_G$$

gdzie:

g_G – współczynnik przepuszczalności energii całkowitej dla zestawu szybowego,

f_c – współczynnik korekcyjny ze względu na zastosowane urządzenia przeciwsłoneczne.

Wartość g_c nie może być większa niż 0,5, z wyłączeniem okien oraz przegród szklanych i przezroczystych, których udział f_G w powierzchni ściany jest większy niż 50% powierzchni ściany – wówczas należy spełnić zależność: $g_c \cdot f_G \leq 0,25$, gdzie f_G – udział powierzchni okien oraz przegród szklanych i przezroczystych w powierzchni ściany.

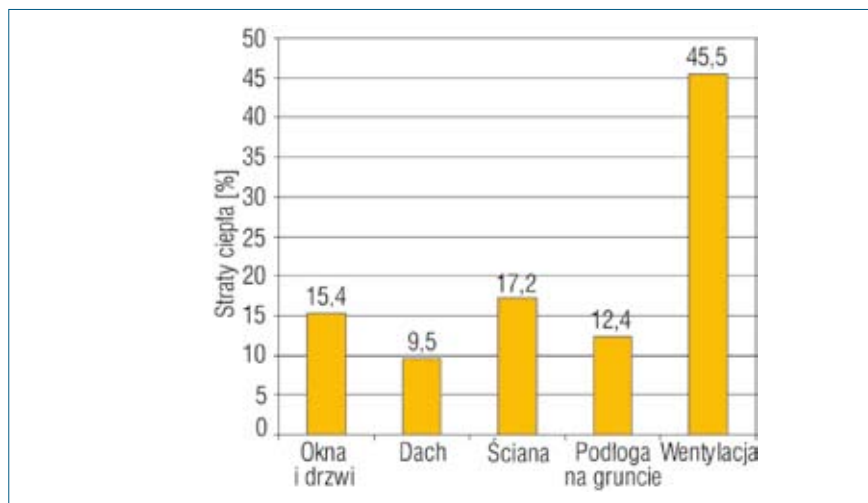
Wymagania nie stosuje się w odniesieniu do powierzchni pionowych oraz powierzchni nachylonych więcej niż 60 stopni do poziomu skierowanych w kierunkach od północno-zachodniego do północno-wschodniego (kierunek północy +/- 45 stopni), okien chronionych przed promieniowaniem słonecznym przez sztuczną przegrodę lub naturalną przegrodę budowlaną oraz do okien o powierzchni mniejszej niż 0,5 m².

JERZY ŻURAWSKI

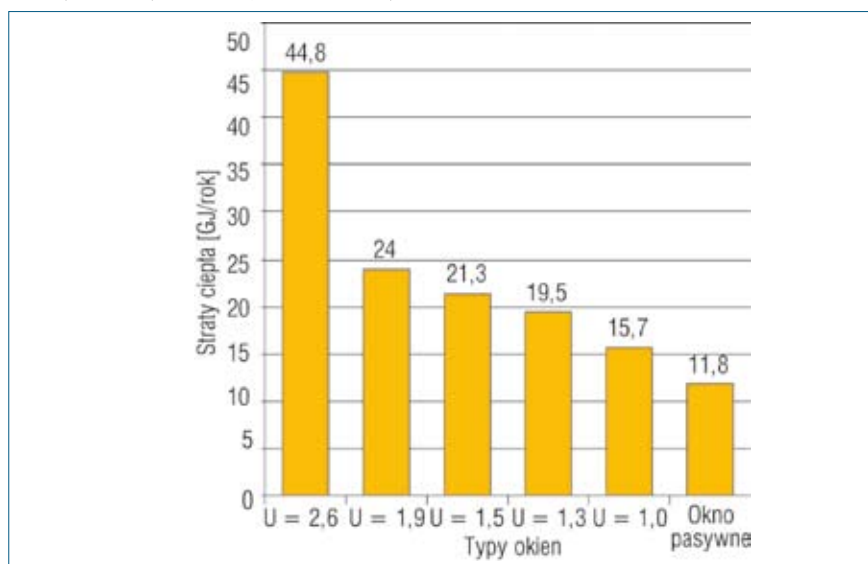
Literatura

1. Dyrektywa 2002/91/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 16 grudnia 2002 r. w sprawie charakterystyki energetycznej bu-

Rys. 2. Straty ciepła w domu jednorodzinnym wykonanym według obowiązujących wymagań prawnych [%]



Rys. 3. Straty ciepła przez stolarkę okienną o różnej wartości współczynnika U w przykładowym domu jednorodzinnym [GJ/rok]



dynków (Dz.Urz. WE L 1 z 4 stycznia 2003 r., s. 65–71).

2. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. z 2006 r. nr 156, poz. 1118 ze zm.).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie ze zmianami z dnia 6 listopada 2008 r.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie metodologii obliczeń charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną funkcję techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzoru świadectw i ich charakterystyki energetycznej.
5. PN-EN 1026:2001 Okna i drzwi. Przepuszczalność powietrza. Metoda badania.

6. PN-EN 1191:2002 Okna i drzwi. Odporność na wielokrotne otwieranie i zamykanie. Metoda badań.
7. PN-EN 1027:2001 Okna i drzwi. Wodoszczelność. Metoda badania.
8. PN-EN 12046-1:2004 Siły operacyjne. Metoda badania. Część 1: Okna.
9. PN-EN 12210:2001 Okna i drzwi. Odporność na obciążenie wiatrem. Klasyfikacja.
10. PN-EN 12211:2001 Okna i drzwi. Odporność na obciążenie wiatrem. Metoda badania.
11. PN-EN 12400:2004 Okna i drzwi. Trwałość mechaniczna. Wymagania.
12. PN-EN 13115:2002 Okna. Klasyfikacja właściwości mechanicznych. Obciążenia pionowe, zwichrowanie i siły operacyjne.
13. PN-EN ISO 10077-1 Własności cieplne okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 1. Metoda uproszczona.