

Marta POMADA
Politechnika Częstochowska

OKNA W BUDYNKACH PASYWNYCH

W artykule omówione zostały wymagania, jakie są stawiane oknom w budynkach pasywnych. Przedstawiono zasady projektowania przeszkleń i budowę tego typu okien, dające możliwość spełnienia wymagań budynków niskoenergetycznych. Opisano, co należy zrobić w celu zapewnienia właściwego bilansu zysków ciepła. Zwrócono także uwagę na proces certyfikacji okien w domach pasywnych.

Słowa kluczowe: budynek pasywny, mostki cieplne, okno pasywne

WPROWADZENIE

Sektor mieszkalny w Polsce zużywa ok. 33% energii finalnej całej gospodarki, głównie z powodu niewłaściwego użytkowania budynków, dużych współczynników przenikania ciepła ścian, okien i dachów czy błędów już w fazie projektowania. Jednocześnie społeczeństwo dostrzega potrzebę oszczędności i zmniejszenia ilości zużycia energii poprzez nowe, wysokoefektywne technologie i stosowanie odnawialnych źródeł energii. Dlatego jednym z rezultatów takiego działania jest rodzaj budownictwa, który spełnia podane wymagania - budownictwo energooszczędne i jedna z jego kategorii: domy pasywne.

Zgodnie z definicją prekursora budownictwa pasywnego, dra Wolfganga Feista: „jest to budynek o niskim zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania wnętrza ($15 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$), w którym komfort termiczny jest zapewniony poprzez pasywne źródła ciepła (mieszkańcy, urządzenia elektryczne, ciepło słoneczne, ciepło odzyskane z wentylacji), oraz dogrzewania powietrza wentylującego budynek. Tak, że nie potrzebuje on autonomicznego, aktywnego systemu ogrzewania” [1].

Kryteria, jakie musi spełniać budynek pasywny:

- roczne zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania max: $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$;
- roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną max: $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$;
- szczelność budynku na przenikanie powietrza n_{50} max: $0,6 \text{ l/h}$;

Jednym z najważniejszych elementów budynku pasywnego jest odpowiednia stolarka okienna - bez szczelnych, prawidłowo zamontowanych okien nie jest możliwe osiągnięcie powyższych kryteriów. Aby je spełnić, należy zastosować okna o specjalnych wymaganiach określonych przez Instytut Budownictwa Pasywnego w Darmstadt (Passivhaus Institut).

1. WYMAGANIA STAWIANE OKNOM W DOMACH PASYWNYCH

Wymagania dotyczące maksymalnego współczynnika przenikania ciepła dla okien w budynkach pasywnych są znacznie wyższe niż aktualnie obowiązujące, sformułowane w „Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”. Zgodnie z nimi dla tradycyjnego budownictwa mieszkalnego współczynnik przenikania ciepła U_{\max} nie może być większy niż $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Natomiast wymagania określone przez Instytut Budynków Pasywnych w Darmstadt określają, aby współczynniki te dla budownictwa pasywnego wynosiły:

- współczynnik przenikania ciepła dla okna nie większy niż $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- współczynnik przenikania ciepła dla okna zabudowanego nie większy niż $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego g powyżej 50%.

W celu osiągnięcia takich wartości współczynnik przenikania ciepła dla szklenia powinien wynosić ok. $0,6 \pm 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, dla ramy $0,5 \pm 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, a współczynnik przenikania ciepła konstrukcyjnego mostka cieplnego na styku szklenie/rama powinien wynosić nie więcej niż $0,1 \text{ W}/(\text{mK})$ [2].

2. PROJEKTOWANIE OKIEN W DOMACH PASYWNYCH

2.1. Konstrukcja okna

Spełnienie wymagań co do wartości współczynnika przenikania ciepła jest możliwe dzięki odpowiedniej budowie okna pasywnego. Rozwiązania techniczne takich okien są bardziej zaawansowane niż w oknach tradycyjnych. W budynkach pasywnych stosuje się zarówno okna drewniane, jak i PCV.

Rama ze względu na współczynnik przewodzenia ciepła jest obecnie najsłabszym elementem okna. Z tego powodu opracowano specjalnego rodzaju ramy okienne, wyposażone w ramkę dystansową ograniczającą straty ciepła. Jest ona wykonana z materiałów o niskiej przewodności cieplnej, najczęściej z tworzyw sztucznych lub cienkiego metalu. Taka ramka jest dodatkowo osadzona głębiej w ramie okiennej niż w standardowych oknach. Istnieje także wiele innych, alternatywnych konstrukcji ram okiennych np. z użyciem pianki poliuretanowej, wzmocnianych profilami ze stali, aluminium i włókna szklanego.

W oknach pasywnych najczęściej stosuje się szyby zespolone z potrójnym szkleniem, w których przestrzeń między szybami jest wypełniona gazem szlachetnym. Wykorzystanie gazów szlachetnych (argon, krypton) zapewnia większą energooszczędność niż w komorach wypełnionych powietrzem atmosferycznym. Dodatkowo w celu uzyskania maksymalnych zysków cieplnych z promieniowania słonecznego dwie z trzech szyb pokrywa się powłokami niskoemisyjnymi. Zwykle pokryta jest zewnętrzna powierzchnia szyby wewnętrznej oraz wewnętrzna powierzchnia szyby zewnętrznej. Na rysunku 1 pokazano przekrój przykładowego okna w standardzie pasywnym [3].

Najnowszym trendem jest wykorzystywanie w oknach aerożeli, które charakteryzują się znakomitymi parametrami termoizolacyjnymi, lekkością i niezwykle wytrzymałością. Jednakże z uwagi na wysoką cenę takich okien jest to jeszcze produkt rzadko stosowany.



Rys. 1. Przekrój okna pasywnego

2.2. Obliczenie współczynnika przenikania ciepła U

Dokładne i staranne przeprowadzenie obliczeń energetycznych ma duże znaczenie, zwłaszcza przy tak niskim zapotrzebowaniu na moc grzewczą, gdyż niewielkie niedokładności mogą spowodować duże problemy eksploatacyjne.

Współczynnik przenikania ciepła dla okien jest obliczany metodą uproszczoną, opisaną w normie PN-EN 10077 „Ciepłne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 1: Metoda uproszczona”. Zgodnie z nią, współczynnik przenikania ciepła jest średnią ważoną wartości współczynników przenikania ciepła dla szklenia oraz rami z uwzględnieniem mostka cieplnego na styku szklenie-rama okienna. Należy także uwzględnić w obliczeniach mostek cieplny na styku ościeżnica-ościeże:

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \Psi_g \cdot S_g + \Psi_f \cdot S_f}{A_g + A_f} \quad (1)$$

gdzie:

- U_w - całkowity współczynnik przenikania ciepła dla okna z zabudową [W/(m²K)],
- U_g - współczynnik przenikania ciepła dla szklenia [W/(m²K)],
- U_f - współczynnik przenikania ciepła dla rami [W/(m²K)],
- A_g - powierzchnia szklenia [m²],
- A_f - powierzchnia rami [m²],
- Ψ_g - współczynnik przenikania ciepła konstrukcyjnego mostka cieplnego na styku rama-szklenie [W/(mK)],

s_g - długość konstrukcyjnego mostka cieplnego na styku rama-szklenie [m],
 ψ_f - współczynnik przenikania ciepła konstrukcyjnego mostka cieplnego na styku ościeżnica-ościeże [W/(mK)],
 s_f - długość konstrukcyjnego mostka cieplnego na styku ościeżnica-ościeże [m].

Najbardziej korzystne energetycznie jest zaprojektowanie okna, w którym udział powierzchniowy ramy w stosunku do udziału powierzchniowego przeszklenia jest jak najmniejszy. Rama okienna i mostki cieplne powstające na jej połączeniu z szybą są najsłabszym punktem całego okna, dlatego w celu uzyskania niższego współczynnika przenikania ciepła należy ograniczać powierzchnię ramy.

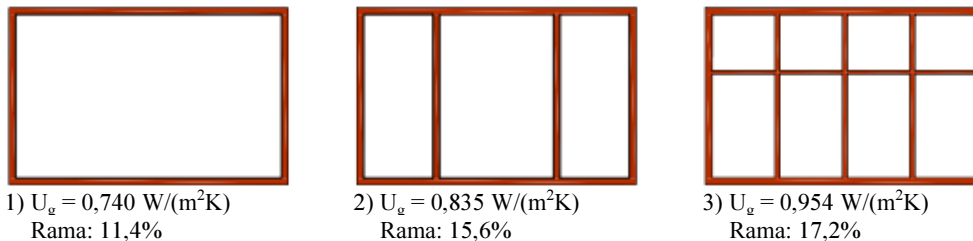
Dla porównania w tabeli 1 przedstawiono wyliczone współczynniki przenikania ciepła dla tego samego okna z różnym udziałem powierzchniowym ramy.

Przyjęto:

$$U_g = 0,6 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad U_f = 0,75 \text{ W/(m}^2\text{K)} \quad \psi_g = 0,1 \text{ W/(mK)}$$

Wymiary okna 4,0 m x 2,5 m, czyli $A = 10 \text{ m}^2$

Rysunek 2 przedstawia schematy okien przyjętych do obliczeń.



Rys. 2. Schematy obliczeniowe okien

Tabela 1. Współczynniki przenikania ciepła dla zmiennego udziału powierzchniowego ramy

Procentowy udział pow. ramy	A_g [m ²]	A_f [m ²]	s_g [m]	Współczynnik przenikania ciepła U_w [W/(m ² K)]
11,4%	8,86	1,14	12,24	0,740
15,6%	8,44	1,56	21,20	0,835
17,2%	8,28	1,72	32,80	0,954

Na podstawie powyższych wyliczeń można zauważyć, że nawet niewielki (ok. 4%) przyrost powierzchni ramy w stosunku do powierzchni przeszklenia powoduje zmianę współczynnika przenikania ciepła U_w o ok. 0,1 W/(m²K). Tak duża zmiana może spowodować niemożliwy do uzyskania współczynnik przenikania ciepła dla okien pasywnych opisanych w punkcie 1, nawet przy spełnieniu wymagań osobno dla każdego elementu okna (przykłady 2 i 3). Trzeba także zaznaczyć, że w obliczeniach nie uwzględniono mostka cieplnego wynikającego z montażu okna (na styku ościeżnica-ościeże), który dodatkowo może jeszcze pogorszyć wartość końcową współczynnika U .

3. BILANS SŁONECZNYCH ZYSKÓW CIEPŁA

W budynkach pasywnych osiągnięcie niskiego standardu energetycznego musi być zapewnione poprzez pasywne źródła ciepła bez udziału dodatkowego systemu ogrzewania. Dlatego istotne jest, aby w jak największym stopniu ograniczyć straty ciepła przez przenikanie przez przegrody nieprzezroczyste i okna. W budynkach pasywnych wynoszą one w sumie ok. 90% ogólnych strat ciepła (po 45% dla ścian i okien). Jednocześnie zastosowanie odpowiednich okien powoduje, że zyski ciepłne od promieniowania słonecznego pozwalają uzyskać ok. 44% zysków całościowych. Dzięki temu możliwe jest wyrównanie bilansu zysków i strat ciepłych, a także w niektórych przypadkach osiągnięcie nadwyżki energetycznej.

Ograniczenie strat przez przenikanie w przypadku okien jest spełnione poprzez właściwy projekt i konstrukcję okna, a także późniejszy jego montaż. Natomiast, żeby uzyskać jak największe zyski, należy wziąć pod uwagę kilka dodatkowych czynników, tj.: współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego, prawidłowo umiejscowioną ilość i wielkość przeszkleń w budynku czy uniemożliwienie przegrzewania budynku [4].

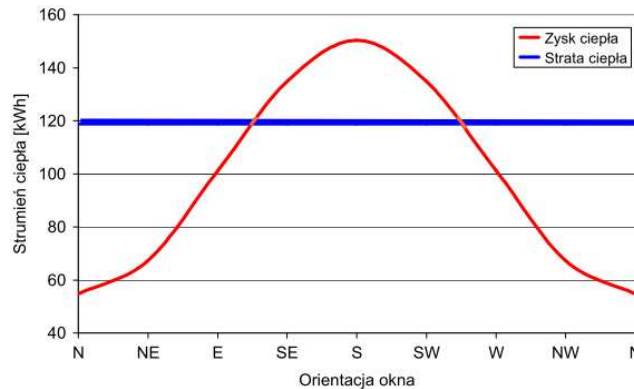
Ilość promieniowania słonecznego, jaka dociera do budynku i jaka jego część jest przez szybę odbijana i absorbowana, określa współczynnik przepuszczalności promieniowania słonecznego g . Jest to stosunek całkowitej przepuszczalności energii szyby do padającej na nią energii słonecznej. Im wyższa procentowa wartość współczynników przepuszczalności energii g , tym większe pasywne zyski energii, tym bardziej pod wpływem słońca będą się nagrzewać pomieszczenia. Zgodnie z [5], współczynnik ten dla okien oraz przegród szklanych i przezroczystych powinien spełniać warunek: $g \leq 0,5$. Straty energii słonecznej podczas promieniowania wynikają z:

- zacielenia powierzchni okna, spowodowanego przez drzewa, sąsiednie budynki, okapy, zagłębienie w świetle murów ok. 20%,
- zanieczyszczenia powierzchni szyby 5%,
- odbicia promieni słonecznych od powierzchni szyby 15%,
- nieprzepuszczania promieni słonecznych na powierzchni ramy 30%,
- właściwości fizycznych szyby i jej współczynnika przepuszczalności energii g .

Zjawisko promieniowania słonecznego ma swoje pozytywne i negatywne strony. Zimą ilość energii cieplnej docierającej do budynku poprawia bilans energetyczny i doprowadza do oszczędności kosztów ogrzewania. W lecie zbyt duża przepuszczalność okna może spowodować problem przegrzania pomieszczeń i konieczności użycia dodatkowych urządzeń (np. klimatyzatorów) w celu ochłodzenia pomieszczeń. W takiej sytuacji zaleca się montaż dodatkowych okapów i osłon przeciwsłonecznych, które gwarantują maksymalny dopływ promieniowania słonecznego w zimie, a latem je ograniczają. Innym rozwiązaniem są różnego rodzaju rolety, żaluzje i okiennice.

Spełnienie standardów budynku pasywnego w Polsce jest trudniejsze niż np. w krajach śródziemnomorskich, gdzie ilość promieniowania słonecznego jest znacznie większa, a co za tym idzie - większe są też zyski ciepłne. W związku

z tym znaczące jest usytuowanie okien w odpowiednim kierunku promieniowania. Okna na fasadzie południowej, południowo-zachodniej i południowo-wschodniej mogą mieć dodatni bilans energetyczny, dlatego przeszklenia od strony południowej mają największe powierzchnie. Na pozostałych fasadach należy stosować okna mniejsze lub w miarę możliwości unikać ich wstawiania. Należy jednak pamiętać o zapewnieniu dostępu światła dziennego i odpowiedniego komfortu użytkowników. Na rysunku 3 przedstawiono bilans energetyczny okna w budynku pasywnym w zależności od jego orientacji.



Rys. 3. Bilans energetyczny okna w budynku pasywnym w zależności od jego orientacji [6]

4. CERTYFIKAT PASSIVHAUS INSTITUT

W domach pasywnych starających się o uzyskanie certyfikatu Polskiego Instytutu Budownictwa Pasywnego (potrzebnego np. w przypadku dofinansowania z NFOŚiGW) należy stosować okna, które posiadają certyfikat niemieckiego Passivhaus Institut. Podczas kontroli dokładnie sprawdza się m.in.:

- rodzaj szklenia i grubość poszczególnych szyb, ich powierzchnię oraz parametr izolacyjności (współczynnik przenikania ciepła U_g dla szyby),
- grubość ramy, rodzaj materiału, z jakiego została wykonana oraz parametr izolacyjności (współczynnik przenikania ciepła U_f dla ramy),
- czy okno jest wyposażone w ciepłą ramkę,
- parametr izolacyjności całego okna (U_w , U_g , U_f),
- szczelność okna określoną w dokumentach producenta,
- jak daleko okno jest wysunięte w warstwę izolacji,
- jak wygląda grubość izolacji na oknie.

Z analizy powyższych kryteriów wynika, że odpowiednie okno należy wybrać już na początku projektowania budynku pasywnego. Musi ono spełniać wszelkie standardy i być bardzo dokładnie wykonane. Wiedza na temat projektowania okien znacznie ułatwi prawidłowy wybór [7].

PODSUMOWANIE

Okna w budynkach pasywnych charakteryzują się niskim współczynnikiem przenikania ciepła U, wysokim współczynnikiem przepuszczalności promieniowania słonecznego g i jak najmniejszą powierzchnią ramy. Konstrukcja takich okien jest mocno zaawansowana w porównaniu do okien tradycyjnych, a także ich późniejszy montaż różni się od powszechnie znanych sposobów „wstawiania” okien.

Zaprojektowanie okna pasywnego zgodnie ze standardem niskoenergetycznym jest zadaniem trudnym, w którym na końcowy wynik wpływ ma wiele aspektów. Dodatkowo każde okno w budynku pasywnym musi posiadać certyfikat Passivhaus Institut. Także końcowy bilans energetyczny budynków pasywnych jest bardzo wrażliwy na parametry okien, dlatego trzeba zwrócić na nie należyłą uwagę.

LITERATURA

- [1] Wnuk R., Budowa domu pasywnego w praktyce, Przewodnik budowlany, Warszawa 2006.
- [2] Polski Instytut Budownictwa Pasywnego, Pakiet do projektowania budynków pasywnych, Gdańsk 2006.
- [3] <http://www.budynkipasywne.pl>
- [4] Firląg S., Idczak M., Instytut Budynków Pasywnych, Okna w budynkach pasywnych, Profiokno 2010, 2, 30-33.
- [5] Rozporządzenie Ministerstwa 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.
- [6] <http://www.passiv.de/>
- [7] Bortniczuk I., Pasywność pod kontrolą, Profiokno 2013, 2, 49-51.

WINDOWS IN THE PASSIVE BUILDINGS

The article describes the requirements that are set down on windows in the passive houses. Also it presents the design principles of glazing and construction of this type of windows, giving the opportunity to meet the requirements of low-energy buildings. It was described what to do in order to ensure the proper balance of heat gains. Attention was drawn to the certification process of windows in passive houses.

Keywords: passive house, thermal bridges, passive window