

mgr inż. Jerzy Żurawski¹⁾

Etykietowanie energetyczne stolarki budowlanej

DOI: 10.15199/33.2015.08.12

Obecne trendy architektoniczne wskazują na stale rosnący udział powierzchni przezroczystych w przegrodach zewnętrznych budynku. Minimalne wymagania dotyczące izolacyjności termicznej dachów i ścian są ponad pięć razy bardziej rygorystyczne od tych stawianych stolarce budowlanej. Z tego powodu udział strat energii przez przegrody przezroczyste będzie wzrastał. Najczęściej do oceny energetycznej okna przyjmuje się współczynnik przenikania, jednak po dokładniejszym przeanalizowaniu zagadnienia jakość energetyczną okna należałoby opisać w zależności od: izolacyjności termicznej profili i ich geometrii; izolacyjności termicznej szyby i ramki dystansowej; geometrii okna; przepuszczalności energii promieniowania słonecznego; szczelności okna; sposobu mocowania okna w budynku; osłony termicznej i przeciwsłonecznej; automatyki sterującej osłony. Ze względu na tak dużą liczbę parametrów, które mają wpływ na jakość energetyczną okna wbudowanego, warto wprowadzić etykietowanie energetyczne (rysunek), które w zintegrowany sposób pozwoli oceniać ostatecznie jakość energetyczną stolarki. W niektórych krajach UE wprowadzono już obowiązkową lub dobrowolną ocenę energetyczną stolarki. Dotyczy to Wielkiej Brytanii, Danii, Finlandii, Francji, Czech, Słowacji, Niemiec. W większości przypadków metody oceny dotyczą tylko okien pionowych.

Określenie efektywności energetycznej stolarki budowlanej

Określenie efektywności energetycznej stolarki budowlanej EE, jak przy etykietowaniu budynków, powinno być przeprowadzone na podstawie bilansu energii nieodnawialnej pierwotnej. Wartość EE należy wyznaczyć dla sto-



Przykładowa etykieta energetyczna okna pionowego

larki pracującej w referencyjnych parametrach klimatycznych oraz w referencyjnym budynku. Ze względu na specyfikę działania oraz wpływ warunków klimatycznych wewnętrznych i zewnętrznych wyznaczenie efektywności energetycznej EE musi obejmować:

- stolarkę otworową przezroczystą: okna pionowe EE_{vert} ; okna dachowe EE_{roof} ; świetliki EE_{roof} ;
- stolarkę otworową nieprzezroczystą: drzwi zewnętrzne EE_D ; bramy garażowe EE_G .

Wartość efektywności energetycznej EE wyznacza się ze wzoru:

$$EE_i = EE_{H,i} + EE_{C,i}$$

gdzie:

- $EE_{H,i}$ – nieodnawialna energia pierwotna na ogrzewanie [kWh/m²r.];
- $EE_{C,i}$ – nieodnawialna energia pierwotna na chłodzenie [kWh/m²r.].

W przypadku oceny stolarki ze względu na ogrzewanie wartość EE_C równa jest zero. Wartości EE_H i EE_C oblicza się na podstawie równań:

$$EE_{H,i} = (w_{H,ref} \cdot E_{H,i}) / \eta_{H,ref}$$

$$EE_{C,i} = (w_{C,ref} \cdot E_{C,i}) / \eta_{C,ref}$$

gdzie:

- $E_{H,i}$ – zapotrzebowanie na energię użytkową do ogrzewania [kWh/m² · r.];
- $E_{C,i}$ – zapotrzebowanie na energię użytkową do chłodzenia [kWh/m² · r.];
- $\eta_{H,ref}$ – referencyjna sprawność instalacji c.o.;
- $w_{H,ref}$ – referencyjny współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej na ogrzewanie równy 1,1;
- $\eta_{C,ref}$ – referencyjna sprawność instalacji chłodniczej;
- $w_{C,ref}$ – referencyjny współczynnik nieodnawialnej energii pierwotnej energii elektrycznej równy 3.

Zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie określa równanie:

$$E_{H,i} = E_{H,sol,i} - E_{H,U,i} - E_{H,inf,i} - E_{H,v,i}$$

gdzie:

- $E_{H,sol,i}$ – słoneczne zyski ciepła i-tego typu przegrody [kWh/m² · r.];
- $E_{H,U,i}$ – straty ciepła przez przenikanie i-tego typu przegrody [kWh/m² · r.];
- $E_{H,inf,i}$ – straty ciepła przez nieszczelności i-tego typu przegrody [kWh/m² · r.];
- $E_{H,v,i}$ – straty ciepła na połączeniu i-tego typu przegrody otworowej z przegrodą [kWh/m² · r.].

Zapotrzebowanie na energię użytkową na chłodzenie wyznacza się ze wzoru:

$$E_{C,i} = -E_{C,sol,i} + E_{C,U,i} + E_{C,inf,i} + E_{C,v,i}$$

gdzie:

- $E_{C,sol}$ – słoneczne zyski ciepła i-tego typu przegrody [kWh/m² · r.];
- $E_{C,U}$ – straty ciepła przez przenikanie i-tego typu przegrody [kWh/m² · r.];
- $E_{C,inf}$ – straty ciepła przez nieszczelności i-tego typu przegrody [kWh/m² · r.];
- $E_{C,v}$ – straty ciepła na połączeniu i-tego typu przegrody otworowej z przegrodą [kWh/m² · r.].

Wyznaczenie efektywności energetycznej okna w okresie grzewczym

Wyznaczanie wskaźnika efektywności energetycznej podczas okresu grzewczego wykorzystuje bilans energetyczny okna (pionowego lub dachowego):

- dla okien fasadowych

$$E_{H,vert} = E_{H,sol,v} - E_{H,U,v} - E_{H,inf,v} - E_{H,v,v}$$

¹⁾ Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska; e-mail: jurek@cieplej.pl

- dla okien dachowych

$$E_{H,roof} = E_{H,sol,r} - E_{H,U,r} - E_{H,inf,r} - E_{H,\psi,r}$$

gdzie:

$E_{H,sol,v}$, $E_{H,sol,r}$ – zyski słoneczne przez okno pionowe lub dachowe w sezonie grzewczym [kWh/m² · r.];

$E_{H,U,v}$, $E_{H,U,r}$ – straty ciepła przez przenikanie przez okno pionowe lub dachowe w sezonie grzewczym [kWh/m² · r.];

$E_{H,inf,v}$, $E_{H,inf,r}$ – straty ciepła przez okno przez infiltrację przez okno pionowe lub dachowe w sezonie grzewczym [kWh/m² · r.];

$E_{H,\psi,v}$, $E_{H,\psi,r}$ – straty ciepła przez okno przez mostek cieplny łączący okno pionowe lub dachowe z konstrukcją przegrody w sezonie grzewczym.

Ostatecznie bilans energetyczny opisany jest równaniem:

$$E_{H,vert} \cdot E_{H,roof} = A_{(v,r)} \cdot g_G \cdot C \cdot \eta_{GLR,H} - B_{(v,r)} \cdot \left(\frac{1}{\frac{1}{U_w} + \eta_h \cdot \Delta R} + 0,053 \cdot L_{100} + \frac{\sum l_{\psi m,i} \cdot \Psi_{m,i}}{A_w} \right)$$

gdzie:

$A_{(v,r)}$ – współczynnik klimatyczny zysków ciepła od nasłonecznienia dla okna pionowego (indeks v) lub dachowego (indeks r), oznacza wpływ zysków słonecznych na efektywność energetyczną. Wartość A wyznacza się na podstawie godzinowych symulacji zapotrzebowania na energię referencyjnego budynku mieszkalnego, oddzielnie dla sezonu grzewczego i chłodniczego;

$B_{(v,r)}$ – współczynnik klimatyczny strat ciepła dla okna pionowego (indeks v) lub dachowego (indeks r), oznacza wpływ temperatury zewnętrznej na efektywność energetyczną stolarki okiennej. Wartość B wyznacza się na podstawie godzinowych symulacji zapotrzebowania na energię referencyjnego budynku mieszkalnego, oddzielnie dla sezonu grzewczego i chłodniczego;

$l_{\psi m,i}$ – długość i-tego mostka liniowego na połączeniu okna lub drzwi ze ścianą;

$\Psi_{m,i}$ – i-ty liniowy współczynnik przenikania ciepła pomiędzy oknem a ścianą o referencyjnej izolacji termicznej $U_{sc,ref} = 0,15$ W/m²K i budowie (od wewnątrz): tynk, cegła silikatowa 24 cm, izolacja, warstwa klejowa na siatce, warstwa tynku cienkowarstwowego, obliczona zgodnie z PN-EN ISO 10211:2008 zgodnie z rekomendowanym przez producenta sposobem montażu (mostek może być różny w zależności od części okna, np. nadproże, węgierek, podokiennik). Mostek liniowy obliczany jest po wymiarach zewnętrznych;

A_w – powierzchnia okna [m²];

U_w – współczynnik przenikania ciepła [W/m² · K], zależny od budowy okna, wyznaczany indywidualnie dla każdego okna;

L_{100} – szczelność okna wyznaczona zgodnie z obowiązującymi normami [m³/h · m²];

ΔR – udział w bilansie dodatkowych osłon takich jak rolety, okiennice, żaluzje określony zgodnie z PN-EN ISO 10077-1 lub na podstawie pomiarów wykonanych zgodnie z obowiązującymi normami [K · m²/W];

$\eta_{GLR,H}$ – sprawność wykorzystania zysków ciepła w okresie grzewczym;

GLR_H – stosunek zysków do strat ciepła;

η_h – sprawność regulacji osłon termicznych (rolet, okiennic, żaluzji) przyjmowana w zależności do systemu sterowania.

Wpływ wysokości profilu na jakość energetyczną okna

Jakość energetyczna okna może zależeć od wysokości profilu okiennych. Dla tego samego okna o wymiarach 1,48 x 1,23 m wykonano

Analiza efektywności energetycznej okna o wymiarach 1,48 x 1,23 m wykonanego z profili o $U_f = 1,3$ W/m²K, szyb o $U_g = 1,1$ W/m²K oraz ramki dystansowej o $\psi = 0,04$ W/mK przy różnej wysokości profilu: 50 mm, 70 mm, 90 mm, 110 mm i 130 mm

Parametry	Wartości obliczeniowe w zależności od wysokości profilu [m]				
	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13
Powierzchnia szyby A_g [m ²]	1,559	1,461	1,365	1,273	1,183
Zmniejszenie powierzchni szyby [%]	0	-7	-14	-23	-32
Współczynnik przepuszczalności energii słonecznej g_G	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Mostek cieplny na ramce dystansowej ψ [W/mK]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Długość ramki dystansowej L [m]	2,51	2,43	2,35	2,27	2,19
Współczynnik przenikania ciepła okna* U_w [W/m ² K]	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22
Energia nieodnawialna pierwotna na ogrzewanie EEh [kWh/m ²]	66,04	70,1	73,91	77,95	82,34
Energia nieodnawialna pierwotna na chłodzenie EEc [kWh/m ²]	45	41,37	38,34	35,31	32,29
Energia nieodnawialna pierwotna razem EE h+c [kWh/m ²]	111,04	111,47	112,25	113,26	114,63
Klasa energetyczna w przypadku ogrzewania	C	C	C	D	D
Klasa energetyczna w przypadku ogrzewania i chłodzenia	D	D	D	D	D

szczegółowe analizy energetyczne okna w przypadku wysokości profilu 50 mm, 70 mm, 90 mm, 110 mm, 130 mm oraz o $U_f = 1,3$ W/m²K i $U_g = 1,13$ W/m²K. Zróżnicowanie wysokości profilu okiennych ma nieznaczny wpływ na izolacyjność termiczną okna oraz na wielkość powierzchni przezroczystych. Zmiany powierzchni są istotne i mają wpływ na efektywność energetyczną okna zwłaszcza w budynkach ogrzewanych. Wzrost wysokości profilu okiennych może pogorszyć bilans energetyczny okna nawet o 25%.

Analiza danych zamieszczonych w tabeli dowodzi, że:

- w pomieszczeniach ogrzewanych najkorzystniejsze są okna o jak największej powierzchni szyby; różnica

w bilansie energetycznym wynosi do 82,34 – 66,04 = 16,3 kWh/m²r., co stanowi do 25%;

- w pomieszczeniach ogrzewanych i chłodzonych bilans energetyczny jest zbliżony; maksymalna różnica wynosi 114,63 – 111,04 = 3,59 kWh/m²r., co stanowi 3,2%;

- najkorzystniejszym rozwiązaniem są okna o najniższych profilach i największej powierzchni przeszklenia; różnice w bilansie energetycznym są istotne w przypadku okien stosowanych w pomieszczeniach ogrzewanych, natomiast nie są one tak istotne w pomieszczeniach ogrzewanych i chłodzonych.

Podsumowanie

Ocena energetyczna stolarki budowlanej nie jest przedsięwzięciem prostym. Wymaga uwzględnienia wielu czynników wpływających na końcowy efekt energetyczny. Z tego powodu niezbędne jest wdrożenie wielokryterialnej metody oceny energetycznej stolarki, która ostatecznie pozwoli projektantom oraz końcowym odbiorcom wybrać rozwiązania o optymalnej efektywności energetycznej. Program Etykieta Energetyczna Stolarki (EES) można pobrać ze strony: <http://www.cieplej.pl/soft/etenstol/setup.exe>.

Przyjęto do druku: 11.04.2015 r.