

dr inż. Piotr Rynkowski*

Problemy dostosowania mostków cieplnych do standardu NFOŚiGW

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska przewiduje w latach 2013 – 2018 program dopłat do kredytów na budowę domów niskoenergetycznych, skierowany do osób fizycznych budujących dom jednorodzinny lub kupujących dom (mieszkanie) od dewelopera. W programie tym zdefiniowano standard energetyczny budynków NF15 i NF40. Oznacza to odpowiednio zapotrzebowanie budynków mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych na energię użytkową wyłącznie do celów ogrzewania wynoszące 15 i 40 kWh (m²r.). Program dopłat wymaga, aby budynek spełniał obligatoryjne wymagania techniczne określone w załączniku nr 3 do Programu Priorytetowego. Jednym z kryteriów, wg tego załącznika, są graniczne wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych (tabela 1). Zgodnie z wytycznymi do programu, do obliczeń współczynników liniowych strat ciepła przez przenikanie Ψ_e mostków cieplnych, w odniesieniu do wymiarów zewnętrznych, należy wykorzystywać metody numeryczne, zgodnie z PN-EN ISO 10211 *Mostki cieplne w budynkach. Strumienie cieplne i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe*.

Tabela 1. Graniczne wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych [W/mK]

Wymagania	Graniczne wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych w przypadku	
	NF15	NF40
	budynek jednorodzinny i wielorodzinny	
Płyty balkonowe	≤ 0,01	≤ 0,30
Pozostałe mostki cieplne*	≤ 0,01	≤ 0,10

* dopuszcza się $\Psi \leq 0,15$ W/(mK) w przypadku mostków cieplnych, ale wyłącznie w obszarze posadowienia budynków na gruncie (ławy, stopy fundamentowe, podłogi na gruncie itp.) oraz w przypadku przegród oddzielających pomieszczenia mieszkalne od garaży podziemnych

Jednym z elementów ograniczenia zużycia energii cieplnej na potrzeby grzewcze budynku jest przyjęcie odpowiedniej grubości warstwy izolacji termicznej, pozwalającej uzyskać wymagane wartości współczynników przenikania ciepła. Jednak, jak wykazano w dalszej części artykułu, w przypadku pewnej grupy mostków cieplnych, gdzie brak jest jednoznacznej ciągłości izolacji termicznej, a więc nie ma bezpośredniego oddzielenia środowiska wewnętrznego od środowiska zewnętrznego, dodanie dodatkowej warstwy izolacji powoduje pogorszenie wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła mostka cieplnego Ψ . W skrajnym przypadku, pomimo znacznego zmniejszenia straty ciepła przez daną przegrodę, wartość współczynnika Ψ nie spełni wymagań narzuconych przez wytyczne. Natomiast w przypadku mniejszego oporu

cieplnego rozpatrywanej przegrody (większych strat ciepła) wartość Ψ będzie mniejsza.

Problem dostosowania mostków cieplnych do standardu NFOŚiGW potwierdzają wykonane obliczenia numeryczne autorskim programem obliczeniowym, z wykorzystaniem Metody Elementów Brzegowych, dla wybranych mostków cieplnych.

Przykłady obliczeniowe

Położenie ściany zewnętrznej względem fundamentu.

Do obliczeń wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e mostka cieplnego wykorzystano rzeczywiste detale budowlane jednej z firm, wykonującej domy gotowe, tzw. pod klucz. Wybrano położenie ściany zewnętrznej względem fundamentu. Rozpatrzono cztery przypadki, w zależności od grubości warstwy izolacji termicznej na gruncie:

- brak izolacji termicznej;
- 8 cm warstwa izolacji termicznej;
- 12 cm warstwa izolacji termicznej;
- 20 cm warstwa izolacji termicznej.

W tabeli 2 przedstawiono właściwości cieplne zastosowanych materiałów. Należy zauważyć, że z punktu widzenia fizyki budowli i ochrony cieplnej, została uwzględniona izolacja termiczna po stronie zewnętrznej ściany do poziomu posadowienia budynku.

Wyznaczone współczynniki przenikania ciepła wyniosły:

- ściana zewnętrzna – $U = 0,124$ W/(m²K); jest to średnia ważona z wartości $U = 0,117$ W/(m²K) oraz $U = 0,210$ W/(m²K), gdyż analizowany budynek wykonano w technologii szkieletu drewnianego, w którym co 60 cm jest drewniany słupek;
- podłoga na gruncie bez dodatkowej warstwy izolacji termicznej – $U = 0,359$ W/(m²K);
- podłoga na gruncie z dodatkową 8 cm warstwą izolacji termicznej – $U = 0,209$ W/(m²K);

Tabela 2. Współczynniki przewodzenia ciepła zastosowanych materiałów

Materiał	λ [W/mK]	Grubość/pole przekroju [mm]
Element drewniany	0,130	180 x 60
Płyta drewnopodobna (OSB)	0,130	12
Styropian	0,040; 0,040; 0,035	120; 80; 200; 30; 60
Włna mineralna	0,035	180
Jastrych cementowy	1,400	65
Płyta gipsowo-kartonowa	0,250	12,5
Grunt	2,100	200
Fundament	2,000	-
Tynk	0,700	6

* Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

- podłoga na gruncie z dodatkową 12 cm warstwą izolacji – $U = 0,173 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;
- podłoga na gruncie z dodatkową 20 cm warstwą izolacji – $U = 0,128 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

W każdym z wariantów zastosowano po stronie wewnętrznej przegrody, pod jastrychem cementowym, 9 cm warstwę izolacji termicznej: 3 cm styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$ oraz 6 cm styropianu o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń numerycznych uzyskano następujące wartości liniowego współczynnika sprzężenia cieplnego L^{2D} :

- 0,3459 W/mK – w przypadku podłogi na gruncie bez dodatkowej warstwy izolacji termicznej;
- 0,3263 W/mK – w przypadku podłogi na gruncie z dodatkową 8 cm warstwą izolacji termicznej;
- 0,3235 W/mK – w przypadku podłogi na gruncie z dodatkową 12 cm warstwą izolacji termicznej,
- 0,3205 W/mK – w przypadku podłogi na gruncie z dodatkową 20 cm warstwą izolacji termicznej.

Zgodnie z PN-EN ISO 10211:2008 szczegółową wartość Ψ otrzymuje się z zależności:

$$\Psi = L^{2D} - \sum_{j=1}^J U_j I_j \quad (1)$$

gdzie:

- U_j – współczynnik jednowymiarowego przenikania ciepła j -tego komponentu oddzielającego dwa rozważane środowiska [$\text{W/(m}^2\text{K)}$];
- I_j – długość, do której stosuje się wartość U_j [m].

Stosując wzór (1), wyznaczono wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych:

- w przypadku braku dodatkowej izolacji termicznej: $\Psi = 0,3459 \text{ W/mK} - (0,124 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,000 \text{ m} + 0,359 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,343 \text{ m}) = -0,260 \text{ W/mK}$;
- w przypadku dodatkowej izolacji termicznej grubości 8 cm: $\Psi = 0,3263 \text{ W/mK} - (0,124 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,000 \text{ m} + 0,209 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,343 \text{ m}) = -0,078 \text{ W/mK}$;
- w przypadku dodatkowej izolacji termicznej grubości 12 cm: $\Psi = 0,3235 \text{ W/mK} - (0,124 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,000 \text{ m} + 0,173 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,343 \text{ m}) = -0,033 \text{ W/mK}$;
- w przypadku dodatkowej izolacji termicznej grubości 20 cm: $\Psi = 0,3205 \text{ W/mK} - (0,124 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,000 \text{ m} + 0,128 \text{ W/m}^2\text{K} \times 1,343 \text{ m}) = 0,025 \text{ W/mK}$.

W tabeli 3 zestawiono wyniki obliczeń wraz z informacją o spełnieniu bądź nie wymagań wytycznych dotyczących

Tabela 3. Wyniki obliczeń numerycznych – wartości U współczynnika przenikania ciepła podłogi na gruncie oraz liniowego współczynnika strat ciepła Ψ

Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej [cm]	Wartość U podłogi na gruncie [$\text{W/(m}^2\text{K)}$]	Spełnienie wymagań (budynki jednorodzinne)		Liniowy współczynnik strat ciepła Ψ [W/mK]	Spełnienie wymagań	
		NF15	NF40		NF15	NF40
brak	0,359	nie	nie	-0,260	tak	tak
8	0,209	nie	nie	-0,078	tak	tak
12	0,173	nie	tak ¹⁾ ; nie ²⁾	-0,033	tak	tak
20	0,128	nie	tak	0,025	tak	tak

¹⁾ I, II, III strefa klimatyczna; ²⁾ IV i V strefa klimatyczna

oczekiwanych standardów energetycznych. Z analizy danych w tabeli 3 wynika, że dodanie dodatkowej warstwy izolacji termicznej powoduje pogorszenie wartości Ψ liniowego współczynnika strat ciepła. Jest to spowodowane relatywnie wysoką wartością oporu cieplnego na liczonej długości oddziaływania tego mostka, w stosunku do wartości rzeczywistej. Liczony w ten sposób jednowymiarowy strumień ciepła ze środowiska wewnętrznego do zewnętrznego maleje w wyniku zwiększenia oporu cieplnego. Natomiast w miejscach, gdzie opór cieplny nie zmienia się, warstwa izolacji termicznej grubości 3 oraz 6 cm pod jastrychem cementowym teoretycznie ma wartość stałą. Wyznaczona różnica pomiędzy liniowym współczynnikiem sprzężenia cieplnego L^{2D} otrzymanym z obliczeń numerycznych, a wartością wyznaczoną dla jednowymiarowego strumienia ciepła będzie zwiększała się w wyniku zwiększonej wartości oporu cieplnego podłogi na gruncie w stosunku do wymiarów zewnętrznych. Należy dodać, że spełnienie wymagań dotyczących granicznych wartości liniowych współczynników strat ciepła mostków cieplnych, w przypadku dodatkowej 20 cm warstwy izolacji termicznej, jest możliwe tylko dzięki dopuszczeniu wartości $\Psi \leq 0,15 \text{ W/mK}$, m.in. dla podłóg na gruncie. W przypadku wymaganej standardowo wartości $\Psi = 0,01 \text{ W/mK}$ (tabela 1) rozpatrywany mostek nie spełniłby wymagań. Przegrody, dla których zachowano ciągłość izolacji termicznej, nie będą miały problemów z opisywanym pogorszeniem wartości współczynnika Ψ .

Drzwi wejściowe. Drugim rozpatrywanym przypadkiem jest mostek cieplny występujący na połączeniu drzwi zewnętrznych z podłogą na gruncie. Analogicznie jak poprzednio uwzględniono brak oraz dodatkową izolację cieplną na gruncie w warstwie podłogi grubości odpowiednio 8, 12 oraz 20 cm. Wyniki obliczeń numerycznych zestawiono w tabeli 4 wraz z informacją o spełnieniu bądź nie wymagań

Tabela 4. Wyniki obliczeń numerycznych – wartości współczynnika przenikania ciepła podłogi na gruncie U oraz liniowego współczynnika strat ciepła Ψ dotyczą połączenia drzwi zewnętrznych z podłogą na gruncie

Grubość dodatkowej warstwy izolacji termicznej [cm]	Wartość U podłogi na gruncie [$\text{W/(m}^2\text{K)}$]	Spełnienie wymagań (budynki jednorodzinne)		Liniowy współczynnik strat ciepła Ψ [W/mK]	Spełnienie wymagań	
		NF15	NF40		NF15	NF40
brak	0,359	nie	nie	-0,129	tak	tak
8	0,209	nie	nie	-0,057	tak	tak
12	0,173	nie	tak ¹⁾ ; nie ²⁾	-0,107	tak	tak
20	0,128	nie	tak	0,169	nie	nie

¹⁾ I, II, III strefa klimatyczna; ²⁾ IV i V strefa klimatyczna

gań wytycznych systemu wsparcia NF15 i NF40. Do obliczeń przyjęto, że współczynnik przenikania ciepła U drzwi zewnętrznych wynosi $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, a współczynniki przewodzenia ciepła pozostałych materiałów były takie, jak podane w tabeli 2.

(dokończenie na str. 43)