

prof. dr hab. inż. Jerzy A. Pogorzelski*

O mostkach cieplnych w przegrodach

Mostkami cieplnymi nazywamy miejsca w obudowie zewnętrznej budynku, w których występuje znaczne obniżenie temperatury wewnętrznej powierzchni i wzrost gęstości strumienia ciepłego w stosunku do pozostałej części przegrody. Występują one najczęściej w ścianach zewnętrznych. Ich wpływ na straty ciepła z pomieszczeń na zewnątrz jest zwykle niepomijalny, a przy złym rozwiązaniu detali budowlanych może być bardzo duży. Na wewnętrznej powierzchni mostków cieplnych często występuje kondensacja pary wodnej i rozwój pleśni, zwłaszcza przy podwyższonej wilgotności powietrza w pomieszczeniach, co może mieć miejsce np. w budynkach mieszkalnych ze zbyt szczelnymi oknami i bez urządzeń do napływu powietrza wentylacyjnego. Szczególnie często kondensacja pary wodnej i rozwój pleśni występują na powierzchni wieńców stropowych, wspornikowych płyt balkonowych, nadproży i ościeży okien (fotografia).



Szczególnie często kondensacja pary wodnej i rozwój pleśni występuje na powierzchni ościeży okien

Istnienie mostków cieplnych jest zwykle niedostrzegane przez projektantów. Architekci i konstruktorzy nie mają w tej kwestii najczęściej przygotowania ze studiów, a ponadto wiedza na ten temat nie jest wymagana podczas egzaminów na uprawnienia budowlane.

Ogrzewnicy mają wystarczające przygotowanie w kwestii przenoszenia ciepła przez przegrody budowlane, ale w obowiązującej do niedawna

normie PN-96/B-03406 było stwierdzenie o nieuwzględnianiu mostków cieplnych w obliczeniach obciążenia cieplnego. Sytuacja może teraz ulec zmianie w wyniku ustanowienia PN-EN 12831:2006, zastępującej PN-EN 12831:2004, choć w wykazie norm obowiązujących na uprawnienia budowlane figuruje w dalszym ciągu PN-96/B-03406.

W tabelicy 3 PN-EN 12831:2006 – parametry do obliczeń wartości U – wymienione są explicite mostki cieplne wśród parametrów uwzględnianych w obliczeniach. Również na rysunku 1 w PN-EN 12831:2006 *Procedura obliczeniowa dla przestrzeni ogrzewanej* podany jest krok d) – obliczenie projektowych strat ciepła przez przenikanie, jako iloczyn projektowego współczynnika strat ciepła przez przenikanie i różnicy temperatury.

Współczynnik strat ciepła przez przenikanie zgodnie z PN-EN ISO 13789:2001 oblicza się ze wzoru:

$$L_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j \text{ lub } L_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k L_k^{2D} + \sum_j L_j^{3D}$$

gdzie

A_i – powierzchnia elementu i obudowy budynku [m²] (wymiary okien i drzwi są przyjęte jako wymiary otworów w ścianie);

U_i – współczynnik przenikania ciepła elementu i obudowy budynku, obliczony zgodnie z EN ISO 6946 dla elementów nieprzezroczystych lub zgodnie z EN ISO 10077-1 dla elementów przezroczystych [W/(m²·K)];

l_k – długość liniowego mostka cieplnego k [m];

Ψ_k – liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka cieplnego k , przyjęty z EN ISO 14683 lub obliczony zgodnie z EN ISO 10211-1 [W/(m·K)];

Parametry do obliczeń wartości U (wg tabelicy 3 normy PN-EN 12831:2006)

| Symbol i jednostka | Nazwa parametru | Odwolanie do przedmiotowej normy (pr)EN |
|---------------------------------|--|---|
| R_{si} (m ² · K)/W | opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni | EN ISO 6946 |
| R_{se} (m ² · K)/W | opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni | EN ISO 6946 |
| λ (W/m · K) | współczynnik przewodzenia ciepła (materiał jednorodny): • określenie deklarowanych i projektowych wartości (procedura) • stabelaryzowane wartości projektowe (wartości bezpieczne) • typy gruntu • lokalne umiejscowienia i warunki wilgotnościowe (w zależności od kraju) | EN ISO 10456 EN 12524 EN ISO 13370 normy krajowe |
| R (m ² · K)/W | opór cieplny (nie) jednorodnych materiałów | EN ISO 6946 |
| R_s (m ² · K)/W | opór cieplny warstw i pustek powietrznych: • niewentylowanych, słabo i dobrze wentylowanych warstw powietrza • w zespolonych i podwójnych oknach | EN ISO 6946 EN ISO 10077-1 |
| U W/(m ² · K) | współczynnik przenikania ciepła • ogólna metoda obliczania • okna, drzwi (wartości obliczone i stabelaryzowane) • ramy (metoda numeryczna) • oszklenie | EN ISO 6946 EN ISO 10077-1 prEN ISO 10077-2 EN 673 |
| Ψ (W/m · K) | liniowy współczynnik przenikania ciepła (mostek cieplny): • obliczenia szczegółowe (numeryczne – 3D) • obliczenia szczegółowe (2D) • obliczenia uproszczone | EN ISO 10211-1 EN ISO 10211-2 EN ISO 14683 |
| χ (W/K) | punktowy współczynnik przenikania ciepła (mostek cieplny 3D) | EN ISO 10211-1 |

* Politechnika Białostocka

χ_j – jest punktowym współczynnikiem przenikania ciepła punkowego mostka cieplnego j , obliczonym zgodnie z EN ISO 10211-1 [W/K] (punktowe mostki cieplne, które są zazwyczaj częścią płaskich elementów budowlanych i są przyjęte przy obliczaniu ich współczynników przenikania, nie powinny być tu dodawane);

L_k^{2D} – jest współczynnikiem sprzężenia cieplnego, otrzymanym z dwuwymiarowego obliczenia zgodnie z EN ISO 10211-1 [W/(m·K)];

L_j^{3D} – jest współczynnikiem sprzężenia cieplnego, otrzymanym z obliczenia trójwymiarowego zgodnie z EN ISO 10211-1 [W/K].

W zależności od geometrii przegród i mostków, występuje dwu- lub trójwymiarowy przepływ ciepła. Nie daje się on opisać prostymi wzorami i rozwiązanie uzyskuje się zwykle przez obliczenia komputerowe (rzadziej przez badania). Wartości Ψ_k otrzymuje się z obliczeń dwuwymiarowych, a wartości χ_j z obliczeń trójwymiarowych. Na obliczenia takie zwykle nie ma czasu w pracy projektanta budynku, nie mówiąc o koszcie specjalnych programów numerycznych. Stąd na użytek projektantów powstają katalogi mostków cieplnych.

Katalogi te, oprócz wartości Ψ_k i χ_j , muszą uwzględniać sprawę zagroże-

nia kondensacją powierzchniową, np. przez podanie temperatury powierzchni w najzimniejszym punkcie przekroju i ocenę zagrożenia kondensacją. Karta katalogowa podaje zwykle rysunek detalu oraz wartości najniższej temperatury powierzchni wewnętrznej i liniowego współczynnika przenikania ciepła, ewentualnie w funkcji wybranych wymiarów, np. grubości warstwy izolacji.

Oprócz katalogów drukowanych, w Europie rozpowszechnione są katalogi elektroniczne, np. EUROKO-BRA, zakupiony przez Komisję Europejską i mający być ogólnodostępnym narzędziem pracy architekta w całej UE, lub Wärmebrückenkatalog, opracowany przez Zentrum für Umweltbewußtes Bauen e.V., dostępny w Internecie (darmowa wersja testowa na 30 dni). Można również korzystać z PN-EN ISO 14683, która podaje – z pewnym zapasem – wartości Ψ_k dla wybranych schematów mostków cieplnych.

Trzeba stwierdzić, że uwzględnianie liniowych mostków cieplnych dopiero na etapie obliczania mocy systemu ogrzewania jest, mówiąc kolokwialnie, musztańdą po obiedzie. Mostki cieplne liniowe spowodowane są nieciągłościami lub pocienieniem warstwy izolacji cieplnej, np. na długości ościeży

otworów na okna lub drzwi balkonowe i nadproży oraz w obszarze węzłów konstrukcyjnych i wieńców w ścianach zewnętrznych, w wyniku złego rozwiązania detalu budowlanego. Przeciwdziałać ich powstawaniu trzeba więc na etapie projektowania detalu, przy czym szczegółowe obliczenia cieplne mają, moim zdaniem, znaczenie tylko dydaktyczne i pomocnicze. Dydaktyczne, ponieważ dobrze by było, aby każdy projektant architektury i konstrukcji przećwiczył obliczanie współczynnika przenikania ciepła U_k przegród z mostkami liniowymi i miał pogląd, jakie konsekwencje mają błędy projektowe. Pomocnicze, bo nie chodzi o napracowanie się i wykonanie wielu obliczeń, ale o dobre rozwiązanie detalu, co przy pewnym wyczuleniu projektanta można zrobić bez obliczeń.

Mostków liniowych można więc uniknąć, jeśli zwróci się na ten problem uwagę przy projektowaniu detali ocieplenia węzłów konstrukcji, wieńców i nadproży, ścian nieogrzewanych piwnic i wszelkich miejsc przerw w ciągłej izolacji cieplnej budynku. Nawet przy dobrym rozwiązaniu detali zaleca się dodawać 0,05 W/(m²·K) do skorygowanego współczynnika przenikania ciepła w celu uwzględnienia wpływu mostków liniowych.

W Górnej Austrii wydano 50 tysięcy certyfikatów...

(dokończenie ze str. 13)

Tendencje dotyczące oszczędności energii w budownictwie

Kolejno realizowane programy prowadzą do wyraźnego zmniejszenia zużycia energii w budynkach i ta tendencja jest trwała. Wskaźniki efektywności energetycznej pozwalają na porównywanie rozwiązań i dokumentowanie tych wyników. Parametry typowego domu przed i po termomodernizacji pokazano w tabeli. W celu poprawy efektywności energetycznej zastosowano:

- ściany zewnętrzne → dodatkowe 12 cm izolacji;
- poddasze → dodatkowe 28 cm izolacji;
- strop piwnicy → dodatkowe 5 cm izolacji;
- system grzewczy → wymiana kotła;
- okna → nowe okna (niska wartość $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{k}$).

Średni poziom wskaźnika efektywności energetycznej określony dla całych zasobów domów jednorodzinnych wynosi obecnie 150 kWh/m² rocznie, podczas gdy obecne przepisy budowlane, zastrzane systematycznie w ciągu ostatniej dekady, ograniczyły poziom zużycia energii do 90 kWh/m² w 1999 r. i 60 kWh/m² w 2005 r.

Minimalne standardy dla domów energooszczędnych zmieniły się w tym czasie odpowiednio z 75 do 50 kWh/m². Minimalne wymagania dotyczące efektywności energetycznej zostały zastrzone jeszcze bardziej na początku 2007 r. – podstawowy wskaźnik obecnie wynosi do 50 kWh/m².

Podsumowanie

Program zrównoważonego budownictwa realizowany jest w Górnej Austrii pod nadzorem i przez agencję od 1993 r. Dotychczas wyliczono wskaźnik efektywności energetycznej i przeprowadzono indywidualne sesje szkoleniowe w przypadku 50 tys. nowych i odnowionych budynków. Tym budynkom wydano indywidualne certyfikaty efektywności energetycznej.

Dzięki programowi udaje się rocznie zaoszczędzić ok. 350 mln kWh energii (i zmniejszyć emisję, ok. 70 mln kg dwutlenku węgla). Program umożliwił zwiększenie liczby energooszczędnych domów. W konsekwencji średnia wartość wskaźnika efektywności energetycznej nowo wznoszonych budynków systematycznie się zmniejsza i wynosiła 56 kWh/m² w 2003 r. do 51 kWh/m² w 2005 r.

(MD)