

dr inż. Krzysztof Pawłowski¹⁾

Kryteria kształtowania układów materiałowych złączy przegród zewnętrznych w świetle wymagań cieplnych

Criteria of shaping material systems of external barriers junction in terms of thermal requirements

DOI: 10.15199/33.2015.05.38

(Oryginalny artykuł naukowy)

Streszczenie. W artykule określono czynniki wpływające na wartości parametrów fizykalnych złączy budowlanych z uwzględnieniem wymagań cieplnych oraz sformułowano podstawowe kryteria i wytyczne w zakresie kształtowania ich struktury materiałowej.

Słowa kluczowe: złącze przegród zewnętrznych, wymagania cieplne.

Abstract. The article determine the factors influence of building junctions physical values consider of thermal requirements. Specified elementary criteria and standards model their material structure.

Keywords: external barrier junction, thermal requirements.

W związku z wprowadzeniem nowych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej (zaostrożenie wymagań wartości granicznych współczynnika przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m²·K)] przegród zewnętrznych w [1]), niezwykle ważne w procesie projektowym staje się poprawne wykonywanie szczegółowych obliczeń i analiz, które powinny być podstawą do wyboru rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych przegród zewnętrznych i ich złączy. Niestety w [1] nie sformułowano wymagań dotyczących ograniczenia strat ciepła przez złącza przegród zewnętrznych. Są to „słabe miejsca”, w których występuje:

- zwiększony przepływ strumienia cieplnego, co wpływa na wzrost wartości wskaźnika EP [kWh/(m²·rok)];

- obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody, co prowadzi do ryzyka występowania kondensacji powierzchniowej, a w efekcie rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych (wiąże się z koniecznością wyznaczenia czynnika temperaturowego f_{Rsi}).

NFOŚiGW [2] wprowadził w przypadku mostków cieplnych budynków w standardzie NF40 oraz NF15 wartości graniczne liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_{max} [W/(m·K)].

¹⁾ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska; e-mail: krzypaw@utp.edu.pl

Badania własne i obliczenia numeryczne wybranych złączy przegród zewnętrznych

Wykonano obliczenia numeryczne z zastosowaniem programu komputerowego TRISCO połączenia ściany zewnętrznej dwuwarstwowej z oknem w przekroju przez ościeżnicę w następujących wariantach (tabela 1, 2):

- bloczek z betonu komórkowego ocieplony styropianem (wariant I) oraz płytami z pianki poliuretanowej PIR (wariant II);

- cegła pełna ocieplona styropianem (wariant III) oraz płytami z pianki poliuretanowej PIR (wariant IV).

Każdy z wariantów obliczeniowych rozpatrywano w różnym usytuowaniu ościeżnicy okiennej: przypadek (a)

– brak węgaraka w postaci izolacji termicznej; przypadek (b) – ościeżnica przesunięta w kierunku ocieplenia.

Obliczenia numeryczne parametrów fizykalnych złączy przegród zewnętrznych obejmują następujące etapy:

- przyjmowanie układów materiałowych analizowanych złączy oraz charakterystyki materiałowej – współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)] przyjęto na podstawie tabel zawartych w [3, 4];

- modelowanie złączy zgodne z PN-EN ISO 10211:2008 [5] przez zastosowanie odpowiednich płaszczyzn wycięcia, dzieląc budynek na wiele części;

- przyjmowanie warunków brzegowych: opór przejmowania ciepła na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni przegrody w przypadku obliczania wiel-

Tabela 1. Wyniki parametrów fizykalnych połączenia ściany zewnętrznej z oknem (przypadek a)

[Opracowanie własne]

Table 1. The results of external wall physical connection parameters with a window (case a)

Parametry fizykalne złącza przegród zewnętrznych	Ściana zewnętrzna: bloczek z betonu komórkowego z ociepleniem						Ściana zewnętrzna: cegła pełna z ociepleniem					
	wariant I – płyty styropianowe			wariant II – płyty PIR			wariant III – płyty styropianowe			wariant IV – płyty PIR		
Grubość izolacji [m]	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
U_c [W/(m ² ·K)]	0,257	0,194	0,156	0,162	0,117	0,092	0,330	0,234	0,181	0,189	0,130	0,100
Φ [W]	46,940	44,79	43,52	43,35	41,82	40,97	53,25	50,12	48,38	47,96	46,17	45,16
L^{2D} [W/(m·K)]	1,174	1,120	1,088	1,084	1,046	1,024	1,306	1,253	1,210	1,199	1,154	1,129
Ψ [W/(m·K)]	0,053	0,061	0,067	0,057	0,063	0,066	0,137	0,154	0,164	0,145	0,158	0,163
Ψ_{sc} [W/(m·K)]	0,042	0,052	0,059	0,050	0,057	0,061	0,129	0,147	0,158	0,141	0,155	0,160
Ψ_o [W/(m·K)]	0,011	0,09	0,008	0,007	0,006	0,005	0,008	0,007	0,006	0,004	0,003	0,003
t_{min} ($\theta_{si,min}$) [°C]	12,59	12,63	12,65	12,70	12,72	12,73	12,28	12,52	12,69	12,90	12,91	12,92
f_{Rsi} [-]	0,815	0,816	0,816	0,817	0,818	0,818	0,807	0,813	0,817	0,822	0,823	0,823

Tabela 2. Wyniki parametrów fizykalnych połączenia ściany zewnętrznej z oknem (przypadek b) [Opracowanie własne]

Table 2. The results of external wall physical connection parameters with a window (case b)

Parametry fizykalne złącza przegród zewnętrznych	Ściana zewnętrzna: bloczek z betonu komórkowego z ociepleniem						Ściana zewnętrzna: cegła pełna z ociepleniem					
	wariant I – płyty styropianowe			wariant II – płyty PIR			wariant III – płyty styropianowe			wariant IV – płyty PIR		
	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
Grubość izolacji [m]	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20	0,10	0,15	0,20
U_c [W/(m ² ·K)]	0,257	0,194	0,156	0,162	0,117	0,092	0,330	0,234	0,181	0,189	0,130	0,100
Φ [W]	45,11	42,63	41,22	41,13	39,38	38,45	48,07	44,35	42,41	42,30	40,07	38,95
L^{2D} [W/(m·K)]	1,128	1,066	1,031	1,028	0,985	0,961	1,202	1,109	1,060	1,058	1,002	0,974
Ψ [W/(m·K)]	0,040	0,046	0,052	0,040	0,046	0,048	0,042	0,050	0,056	0,043	0,050	0,053
Ψ_{sc} [W/(m·K)]	0,016	0,020	0,023	0,017	0,020	0,022	0,027	0,032	0,037	0,028	0,032	0,035
Ψ_o [W/(m·K)]	0,024	0,026	0,029	0,023	0,026	0,026	0,015	0,018	0,019	0,015	0,018	0,018
$t_{min.}(\theta_{si,min.})$ [°C]	13,19	13,26	13,28	13,30	13,35	13,36	13,37	13,44	13,47	13,47	13,52	13,53
f_{Rsi} [-]	0,830	0,831	0,832	0,833	0,834	0,834	0,834	0,836	0,837	0,837	0,838	0,838

kości strumienia ciepła na podstawie PN-EN ISO 6946:2008 [6], a przy obliczaniu rozkładu temperatury na podstawie PN-EN ISO 13788:2003 [7];

– lokalizacja i przeznaczenie budynku: $t_i = 20$ °C (pokój dzienny), $t_e = -20$ °C (II strefa);

• określenie parametrów fizykalnych:
– strumień przepływu ciepła przez złącze Φ [W];

– liniowy współczynnik sprężenia cieplnego L^{2D} [W/(m·K)];

– liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ [W/(m·K)];

– gałęziowy współczynnik przenikania ciepła (dla odpowiedniej części złącza) [W/(m·K)]; w analizowanym przypadku wyodrębniono osobno straty ciepła przez ścianę zewnętrzną (Ψ_{sc}) oraz stolarkę okienną (Ψ_o);

– temperatura minimalna w złączu $t_{min.}(\theta_{si,min.})$ [°C];

– czynnik temperaturowy f_{Rsi} [-].

Analiza wyników obliczeń

Na podstawie zaprezentowanych wyników obliczeń parametrów ciepło-wilgotnościowych wybranych złączy można sformułować następujące wnioski i wytyczne projektowe:

■ usytuowanie ościeżnicy okiennej na styku warstwy konstrukcyjnej i izolacji cieplnej z węgarciem pozwala na otrzymanie mniejszych strat ciepła niż w przypadku braku węgarka. W celu spełnienia podstawowego kryterium cieplnego ściany zewnętrznej ($U_c \leq U_{c,max}$) istnieje możliwość zaproponowania izolacji cieplnej w postaci płyt z pianki poliuretanowej PIR o znacznie mniejszej grubości niż w przypadku płyt styropianowych. Zaprojektowanie izolacji cieplnej na powierzchni zewnętrznej ościeżnicy

okna powoduje, że temperatura na wewnętrznej powierzchni analizowanych złączy $t_{min.}(\theta_{si,min.})$ [°C] jest wyższa niż w przypadku braku takiego rozwiązania, co zabezpiecza przed ryzykiem występowania kondensacji powierzchniowej, mogącej powodować rozwój pleśni i grzybów pleśniowych;

■ wykonanie szczegółowych obliczeń, z zastosowaniem specjalistycznego programu komputerowego, pozwala na uzyskanie miarodajnych wyników parametrów ciepło-wilgotnościowych. Ich wartości zależą od zastosowanego materiału budowlanego (konstrukcyjnego), rodzaju i grubości izolacji cieplnej oraz ukształtowania struktury materiałowej analizowanego złącza (tabela 1, 2). Posługiwanie się katalogami z wartościami przybliżonymi i orientacyjnymi, np. z PN-EN ISO 14683:2008 [8], staje się nieuzasadnione, ponieważ nie uwzględniają one zmiany układów materiałowych oraz rodzaju i grubości izolacji cieplnej;

■ tylko wybrane z analizowanych złączy spełniają wymagania standardu budynku energooszczędnego NF40 stawiane przez NFOŚiGW [6], które dotyczą maksymalnej wartości współczynnika $\Psi_{max.} = 0,10$ W/(m·K). Przy ocenie strat ciepła należy jednak przeanalizować także wartość strumienia cieplnego przepływającego przez złącze Φ [W] lub współczynnik sprężenia cieplnego L^{2D} [W/(m·K)], odzwierciedlające straty ciepła przez złącze.

Podsumowanie i wnioski

Kształtowanie struktury materiałowej złączy przegród zewnętrznych w aspekcie ciepło-wilgotnościowym wymaga zastosowania szczegółowych analiz

wyników obliczeń numerycznych parametrów fizykalnych złączy budowlanych. Ich indywidualna symulacja komputerowa jest bardzo pracochłonna i wymaga znajomości specyficznych szczegółów programowania warunków geometryczno-fizycznych złączy, dlatego też może być podejmowana przez osoby posiadające odpowiednią wiedzę w tej dziedzinie. Podstawowe kryteria kształtowania układów materiałowych złączy przegród zewnętrznych, to:

• **kryterium cieplne** – analiza dodatkowych strat ciepła wynikających z występowania mostków cieplnych oraz minimalizacja ich wpływu w całkowitych stratach ciepła przez zewnętrzne przegrody budowlane;

• **kryterium wilgotnościowe** – analiza rozkładu temperatury w złączach przegród zewnętrznych w celu oszacowania (sprawdzenia) ryzyka występowania kondensacji powierzchniowej oraz międzywarstwowej.

Istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań i obliczeń zarówno w przypadku złączy dwuwymiarowych, jak trójwymiarowych (przestrzennych).

Literatura

[1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2013 r., poz. 926).
[2] www.nfosigw.gov.pl
[3] Dylla A., Praktyczna fizyka cieplna budownictwa. Szkoła projektowania złączy budowlanych, Wydawnictwo Ucelniane UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2009.
[4] Pawłowski K., Projektowanie przegród wewnętrznych w świetle nowych warunków technicznych dotyczących budynków WT2013, Wydanie Specjalne IZOLACJE 2/2013, Warszawa, 2013.
[5] PN-EN ISO 10211:2008, Mostki cieplne w budynkach, Strumienie ciepła i temperatury powierzchni, Obliczenia szczegółowe.
[6] PN-EN ISO 6946:2008, Komponenty budowlane i elementy budynku, Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła, Metoda obliczania.
[7] PN-EN ISO 13788:2003, Ciepło-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku, Temperatura powierzchni wewnętrznej umożliwiająca uniknięcie krytycznej wilgotności powierzchni wewnętrznej kondensacji, Metody obliczania.
[8] PN-EN ISO 14683:2008, Mostki cieplne w budynkach, Liniowy współczynnik przenikania ciepła, Metody uproszczone i wartości orientacyjne.

Otrzymano 08.01.2015 r.