

nictwie, ale nie jest proponowane przez producentów;

- w przypadku ściany jednowarstwowej z warstwą konstrukcyjną grubości 36 cm nie spełniono wymagania cieplnego $U_c = 0,288 \text{ W}/[(\text{m}^2 \cdot \text{K})] > U_{c(\text{max})} = 0,25 \text{ W}/[(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$. Pozostałe przegrody spełniają to wymaganie.

- w przypadku spełnienia wymagań dodatkowych stawianych budynkom w standardzie niskoenergetycznym NF40 złącza wariantu II i III spełniają je w zakresie liniowego współczynnika przenikania ciepła $\Psi < \Psi_{\text{max}} = 0,10 \text{ [W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$. Wszystkie przypadki nie spełniają wymagań dotyczących budynków w standardzie NF15;

- w wariantcie V (przez poprawne osadzenie stolarki okiennej w ścianie z przedłużoną izolacją cieplną na ościeżnicę) straty ciepła przez złącze są mniejsze niż w wariantcie IV i temperatura $\theta_{\text{si, min}}$ jest wyższa niż w pozostałych wariantach. W trakcie oceny strat ciepła przez mostki termiczne poza oceną wartości współczynnika $\Psi \leq \Psi_{\text{maks}}$ należy przeanalizować także wielkość strumienia cieplnego przepły-

wającego przez złącze Φ lub współczynnik sprężenia cieplnego L_{2D} . Rozpatrywanie wymagań dotyczących wyłącznie współczynnika $\Psi \text{ [W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ niekiedy nie potwierdza zasadności konkretnego rozwiązania;

- wraz ze zmieniającymi się wartościami U_{cmax} niektóre rozwiązania materiałowe przegród zewnętrznych nie spełniają podstawowego kryterium cieplnego $U_c \leq U_{c(\text{max})}$. Dotyczy to szczególnie ścian jednowarstwowych. W przypadku ścian warstwowych minimalna grubość izolacji cieplnej wynosi 15 – 20 cm;

- przedstawione parametry fizykalne decydują o spełnieniu kryteriów budynków w standardzie niskoenergetycznym lub pasywnym wg NFOŚiGW [2]. Przy kształtowaniu układu warstw materiałowych ścian zewnętrznych i ich złączy, trzeba uwzględnić zarówno kryteria w zakresie izolacyjności cieplnej, kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej, jak również izolacyjności akustycznej, ochrony przeciwpożarowej oraz nośności i trwałości konstrukcji.

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] Program „Poprawa efektywności energetycznej” Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) – Wymagania techniczne dla budynków.
- [3] PN-EN ISO 10211:2008. Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [4] Dylla A., Praktyczna fizyka budowli. Szkoła projektowania złączy budowlanych, Wydawnictwo Uczelniane UTP, Bydgoszcz 2009.
- [5] Pawłowski K., Dybowska M., Analiza numeryczna parametrów ciepło-wilgotnościowych złączy ścian zewnętrznych, Czasopismo Izolacje 10, 2012, str. 80 – 85
- [6] Pawłowski K., Projektowanie przegród wewnętrznych w świetle nowych warunków technicznych dotyczących budynków, GRUPA MEDIUM, Warszawa 2013.
- [7] PN-EN ISO 13788:2003, Ciepło-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku.

Otrzymano 02.03.2015 r.

mgr inż. Monika Dybowska^{1*)}
dr inż. Krzysztof Pawłowski¹⁾

Kształtowanie parametrów fizykalnych złączy ścian zewnętrznych z płytą balkonową

Shaping the physical parameters of a connection of an outer wall with balcony plate

DOI: 10.15199/33.2015.05.40

(Studium przypadku)

Streszczenie. W artykule przeprowadzono szczegółową analizę porównawczą parametrów fizykalnych złączy dwuwarstwowych ścian zewnętrznych z płytami balkonowymi. Na podstawie otrzymanych wyników opracowano karty katalogowe niezbędne w projektowaniu przegród z uwzględnieniem nowych wymagań ciepło-wilgotnościowych.

Słowa kluczowe: balkony, analiza ciepło-wilgotnościowa.

Abstract. The article carried out a detailed comparative analysis of hydro-thermal parameters of two-layer joints exterior wall of the balcony slabs. On the basis of the results developed leaflets necessary in the design of partitions with the new hydro-thermal requirements.

Keywords: balconies, analysis hydro-thermal.

W związku z wprowadzeniem nowych wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej niezwykle ważne w procesie projektowym staje się poprawne wykonywanie

szczegółowych obliczeń i analiz, które powinny być podstawą wyboru rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych. W rozporządzeniu [1] nie sformułowano jednak wymagań dotyczących ograniczenia strat ciepła przez złącza budowlane. Wpływ mostków na straty ciepła w budynkach został uwzględniony w wymaganiach Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

[2], który uruchomił system dopłat do kredytów na budowę lub zakup energooszczędnych budynków mieszkalnych, spełniających standardy budynków pasywnych (NF15) i niskoenergetycznych (NF40).

W celu ograniczenia dodatkowych strat ciepła oraz możliwości obniżenia temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego, należy odpo-

¹⁾ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
^{*)} Autor do korespondencji:
e-mail: mondyb000@utp.edu.pl

wiednio kształtować układy materiałowe, przez stosowanie obliczeń numerycznych parametrów fizykalnych złączy przegród zewnętrznych. Przykładem są balkony wykonane w technologii tradycyjnej, które stanowią przedłużenie konstrukcji płyty stropowej poza obris zewnętrznych ścian budynków. Sposoby ich kształtowania są zróżnicowane, ale konieczne jest pokonanie trudności projektowych i wykonawczych, gdyż rozwiązanie konstrukcyjne balkonu bardzo często ma wadę, ponieważ ciągłość izolacji termicznej ściany zewnętrznej zostaje przerwana przez konstrukcję balkonu, co powoduje powstanie liniowego mostka cieplnego.

Charakterystyka rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych balkonów

Wpływ na rozwiązanie konstrukcyjno-materiałowe balkonu mają:

- obciążenie oddziałujące na konstrukcję;
- wnikania wody opadowej w konstrukcję balkonu;
- bezpieczeństwo użytkowania osób korzystających z balkonu;
- mostki termiczne na styku płyty nośnej ze ścianą.

Głównym problemem, z punktu widzenia fizyki budowlanej, w konstruowaniu złączy balkonów ze ścianą, jest zachowanie ciągłości termoizolacji. Rozwiązanie projektowe powinno wyeliminować niebezpieczeństwo miejscowego przemarzania ścian i stropu przy wieńcu, jak również wykluczyć kon-

densację wilgoci w obszarze mostka termicznego umożliwiającą rozwój grzybów pleśniowych.

W artykule przedstawiono szczegółową analizę parametrów złącza ściany zewnętrznej z balkonem oraz drzwiami balkonowymi w dwóch wariantach połączenia stropu z płytą balkonową:

■ **wariant I** – typowa płyta wspornikowa (rysunek 1);

■ **wariant II** – płyta balkonowa połączona ze stropem za pomocą łącznika termicznego (rysunek 2).

W każdym wariancie zastosowano dwa rozwiązania konstrukcyjne osadzenia drzwi balkonowych:

• **przypadek A** – ościeżnica zamocowana do cegły pełnej za pomocą pianki poliuretanowej;

• **przypadek B** – ościeżnica podparta tulejami ze stali nierdzewnej z wypełnieniem wolnej przestrzeni styropianem.

Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe badanych złączy

W celu prawidłowego zaprojektowania przegród zewnętrznych budynku, pod względem cieplnym i wilgotnościowym, projektant powinien analizować każde złącze za pomocą szczegółowych obliczeń numerycznych lub z wykorzystaniem dokładnych kart katalogowych. Natomiast w celu przedstawienia parametrów ciepłno-wilgotnościowych mostków termicznych przeprowadzono analizę numeryczną, za pomocą programu komputerowego

TRISCO, zgodnie z procedurami przedstawionymi w [3]. Na ocenę parametrów cieplnych i wilgotnościowych danego złącza pozwalają generowane przez program dane wyjściowe, zawierające wyniki w postaci graficznej i tekstowej.

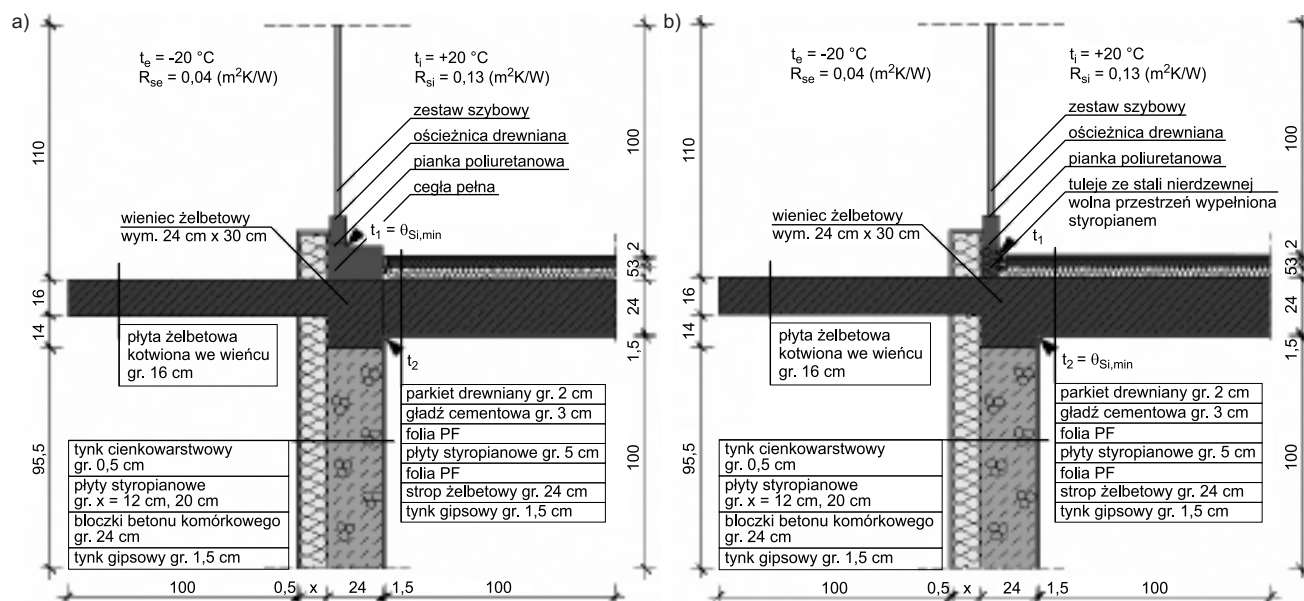
Uzyskano wartości strumieni przepływających przez złącza Φ [W], rozkład linii strumieni cieplnych oraz rozkład temperatur, na podstawie których wyznaczono liniowe współczynniki przenikania ciepła Ψ [W/(m²·K)] dla górnej i dolnej części złącza wg określonych procedur obliczeniowych wg [4, 5] oraz czynnik temperaturowy f_{Rsi} [-] wg [6]. Wyniki przeprowadzonych obliczeń rozpatrywanych złączy zestawiono w tabeli.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń parametrów charakteryzujących rozpatrywane warianty i przypadki połączeń ściany zewnętrznej z płytą balkonową, sformułowano następujące wnioski:

■ ściany zewnętrzne z izolacją ze styropianu grubości 20 cm spełniają podstawowe wymaganie dotyczące izolacyjności cieplnej wg [1]: $U_c = 0,157$ [W/(m²·K)] < $U_{c(max)} = 0,20$ [W/(m²·K)], ale połączenie z płytą balkonową generuje dodatkowe straty ciepła, określone w postaci parametrów: Φ [W], Ψ_i [W/(m²·K)]. Na wewnętrznej powierzchni przegrody zaobserwowano obniżenie temperatury $t_{si,min}$ [°C].

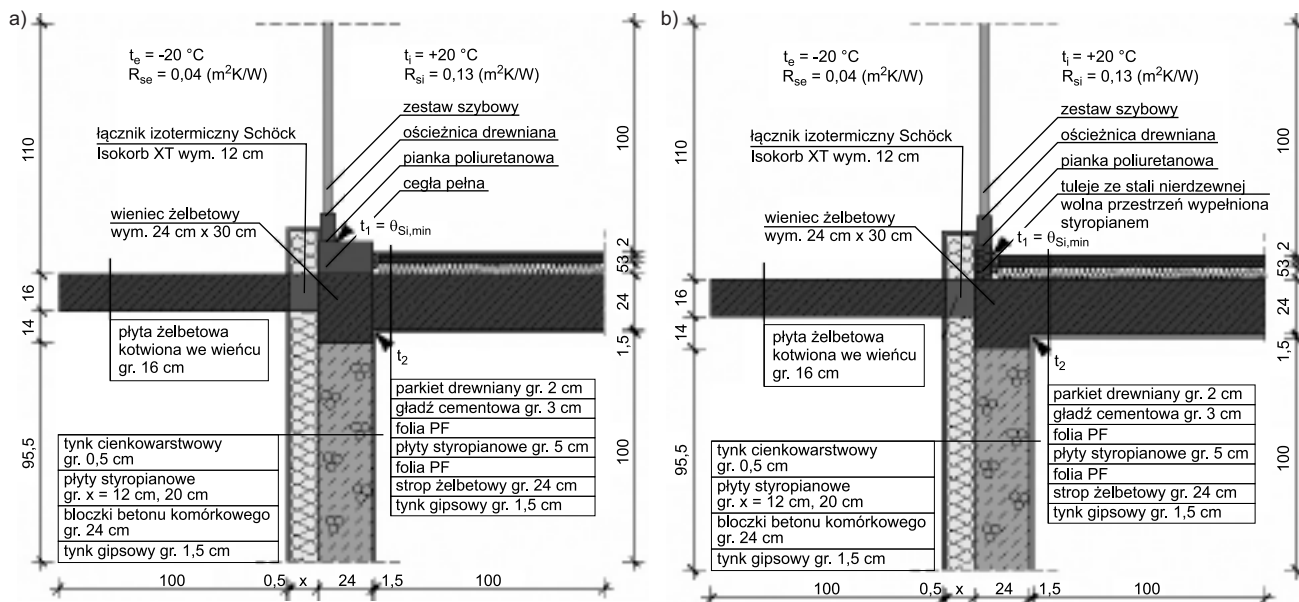
■ ze względu na ocenę ciepłno-wilgotnościową najbardziej korzystnym rozwiązaniem jest zastosowanie łącznika termiczne-



Rys. 1. Rozwiązanie połączenia ściany zewnętrznej ze wspornikową płytą balkonową: a) przypadek A; b) przypadek B; opis w artykule [Opracowanie własne]

Fig. 1. Solution of the outer wall connections with cantilevered balcony slab: a) case A; b) case B; description article

Zagadnienia konstrukcyjne, materiałowe i ciepło-wilgotnościowe w budownictwie



Rys. 2. Rozwiązania połączenia ściany zewnętrznej ze wspornikową płytą balkonową z zastosowaniem łącznika termicznego: a) przypadek A; b) przypadek B; opis w artykule [Opracowanie własne]
 Fig. 2. Solution connections of the outer wall of the supports balcony slab using a thermal switch: a) case A; b) case B; description article

Wyniki obliczeń parametrów ciepło-wilgotnościowych złączy z płytą balkonową Results of calculation hygro-thermal parameters of connectors on the balcony slab

Parametry ciepłe złącza	Wariant I				Wariant II			
	przypadek A		przypadek B		przypadek A		przypadek B	
	grubość izolacji cieplnej							
	12 cm	20 cm	12 cm	20 cm	12 cm	20 cm	12 cm	20 cm
U_c [W/(m ² ·K)]	0,229	0,157	0,229	0,157	0,229	0,157	0,229	0,157
Φ [W]	81,33	74,46	78,35	72,25	59,96	55,65	59,09	54,87
Ψ_{ig} [W/(m·K)]	0,315	0,284	0,190	0,182	0,122	0,115	0,103	0,103
Ψ_{id} [W/(m·K)]	0,419	0,363	0,470	0,410	0,078	0,061	0,076	0,054
Ψ_i [W/(m·K)]	0,734	0,647	0,661	0,592	0,200	0,177	0,179	0,158
ocena ryzyka kondensacji powierzchniowej (temperatury minimalne przy: $t_e = -20^\circ\text{C}$, $t_i = 20^\circ\text{C}$)								
t_1 [°C]	8,97	8,99	12,95	13,63	14,84	15,45	15,79	16,24
t_2 [°C]	10,51	11,96	9,66	11,16	17,12	17,85	17,19	18,02
f_{Rsi} [-]	0,724	0,725	0,742	0,779	0,871	0,886	0,895	0,906

U_c – współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej [W/(m²·K)];
 Φ – wielkość strumienia ciepłego przepływającego przez złącze;
 Ψ_i – liniowy współczynnik przenikania ciepła; Ψ_{ig} – dotyczy górnej części złącza; Ψ_{id} – dotyczy dolnej części złącza [W/(m·K)];
 t_1, t_2 – temperatury na stykach wewnętrznych złącza [°C], f_{Rsi} – czynnik temperaturowy [-].

go i ościeżnicy z tulei ze stali nierdzewnej z wypełnieniem. Uzyskano wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła na poziomie $\Psi_i = 0,179$ [W/(m·K)] oraz $\Psi_i = 0,158$ [W/(m·K)]. Rozwiązanie wg wariantu I generuje obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody do poziomu, w którym występuje ryzyko kondensacji powierzchniowej, ponieważ $f_{Rsi} < f_{Rsi, kryt.}$. Wartość graniczna (krytyczna) czynnika temperaturowego, uwzględniając parametry powietrza wewnętrznego i zewnętrznego, analizowanych wariantów wynosi $f_{Rsi (kryt)} = 0,778$.

■ W przypadku wymagań stawianych budynkom w standardzie niskoenergetycznym NF40 tylko złącza z wariantu II spełniają wymaganie dotyczące liniowego współczynnika przenikania ciepła $\Psi \leq \Psi_{max} = 0,20$ [W/(m·K)]. Pozostałe przypadki nie uwzględniają wymagań dotyczących budynków zarówno w standardzie NF40, jak i NF15.

Poprawne zaprojektowanie połączenia płyty balkonowej ze stropem wpływa na izolacyjność całej ściany zewnętrznej budynku. Udział mostków w połączeniach balkonów ze stropem, w całkowitych stratach ciepła,

można ograniczyć przez stosowanie łączników termicznych (im mniejsza przewodność cieplna łącznika λ , tym skuteczniejszy łącznik) oraz odpowiedniej ościeżnicy.

Dobór materiałów nie powinien być przypadkowy, ale oparty na szczegółowych obliczeniach i analizach. Określenie szczegółowe parametrów cieplnych tego typu złączy, za pomocą programu komputerowego, pozwala na miarodajne oszacowanie strat ciepła i rozkładu temperatur oraz uniknięcie błędów na etapie wykonywania i eksploatacji budynków. Przedstawione warianty obliczeniowe nie wyczerpują wszystkich rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych złączy ściany zewnętrznej z płytą balkonową.

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] Program „Poprawa efektywności energetycznej” Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) – Wymagania techniczne dla budynków.
- [3] PN-EN ISO 10211:2008. Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [4] Dylla A., Praktyczna fizyka budowl. Szkoła projektowania złączy budowlanych, Wydawnictwo Uczelniane UTP, Bydgoszcz 2009.
- [5] Pawłowski K., Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle nowych warunków technicznych dotyczących budynków, GRUPA MEDIUM, Warszawa 2013.
- [6] PN-EN ISO 13788:2003, Ciepło-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. *Orzymano 02.03.2015 r.*