

mgr inż. Monika Dybowska^{1*)}
 dr inż. Krzysztof Pawłowski¹⁾
 mgr inż. arch. Łukasz Lewandowski¹⁾

Ocena poprawności rozwiązań materiałowych nadproży okiennych w aspekcie ciepło-wilgotnościowym

Assessment of correctness window lintels material solutions in terms of hygro-thermal performance

DOI: 10.15199/33.2015.05.39

(Studium przypadku)

Streszczenie. W artykule przeprowadzono szczegółową analizę porównawczą parametrów fizykalnych połączenia ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez nadproże. Przedstawiono wyniki obliczeń numerycznych wybranych rozwiązań proponowanych przez producentów materiałów i systemów budowlanych.

Słowa kluczowe: nadproża, analiza ciepło-wilgotnościowa.

Abstract. The article was carried out for a detailed comparison of physical connection parameters outer wall with a window in a section through the lintel. Presents the results of numerical calculations of selected solutions proposed by the manufacturers of building materials and systems.

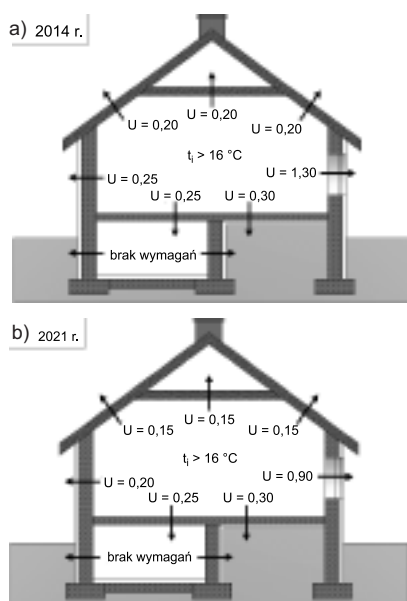
Keywords: lintels, hygro-thermal analysis.

Zgodnie z rozporządzeniem [1], wprowadzono stopniowe zaostrzenie wymagań wartości granicznych współczynnika przenikania ciepła U [$W/(m^2 \cdot K)$]. Na rysunku 1 przedstawiono wartości graniczne U [$W/(m^2 \cdot K)$] dla budynku jednorodzinnego. W przypadku ściany zewnętrznej budynku ustalono, że:

- w latach 2014–2016 – $U_{C(max)} = 0,25$ $W/(m^2 \cdot K)$;
- w latach 2017–2020 – $U_{C(max)} = 0,23$ $W/(m^2 \cdot K)$;
- docelowo od 2021 r. – $U_{C(max)} = 0,20$ $W/(m^2 \cdot K)$.

W rozporządzeniu [1] nie sformułowano jednak wymagań w zakresie ograniczenia strat ciepła przez złącza budowlane. W praktyce projektowej i wykonawczej budynków niskoenergetycznych pojawiły się także określenia: budynek w standardzie NF40 (niskoenergetyczny), budynek w standardzie NF15 (pasywny). Dotyczą one energooszczędnych budynków mieszkalnych, w przypadku których Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej [2] uruchamia system dopłat do kredytów na ich budowę lub zakup. W wymaganiach technicznych dotyczących budynków niskoenergetycznych wg [2]

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



Rys. 1. Obowiązujące (a) oraz docelowe (b) wymagania termoizolacyjne przegród w budynku jednorodzinnym [opracowanie własne]
 Fig. 1. Existing (a) and target (b) thermal insulation requirements of partitions in the building of single-family

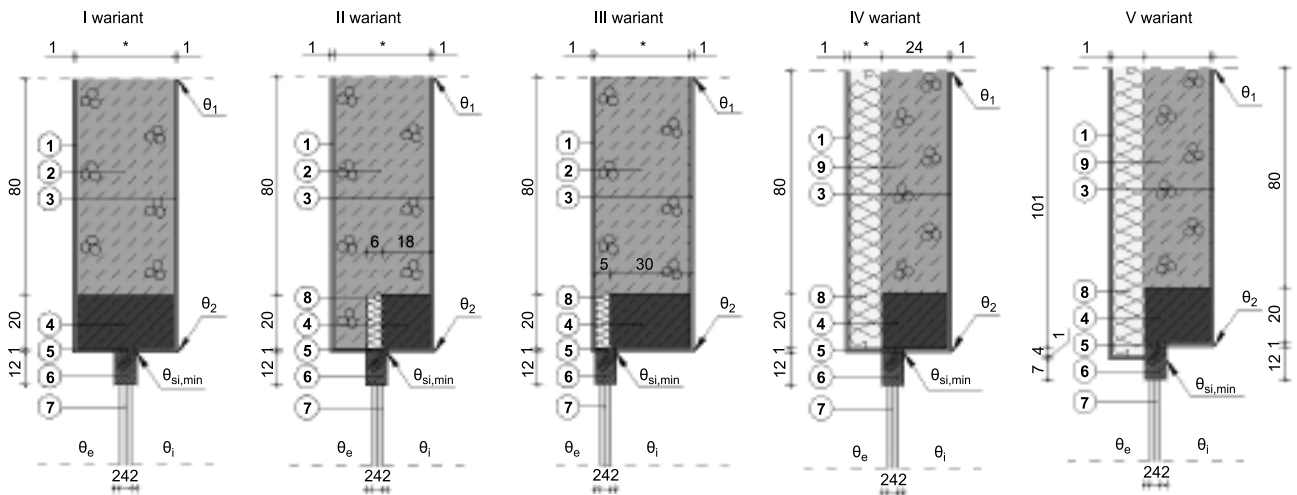
określono wartości graniczne liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ mostków cieplnych:

- $\Psi_{max} = 0,30$ $W/(m \cdot K)$ dla płyt balkonowych w budynkach w standardzie NF40;
- $\Psi_{max} = 0,10$ $W/(m \cdot K)$ dla pozostałych mostków cieplnych w budynkach w standardzie NF40;

- $\Psi_{max} = 0,01$ $W/(m \cdot K)$ dla mostków cieplnych w budynkach w standardzie NF15.

Celem artykułu jest wytypowanie poprawnych rozwiązań materiałowych analizowanych złączy w budynkach z uwzględnieniem wymagań rozporządzenia [1] oraz NFOŚiGW [2] w standardzie NF15 i NF40. Obliczenia przeprowadzono dla ściany jednowarstwowej oraz dwuwarstwowej z betonu komórkowego. Do obliczeń wytypowano 5 wariantów złączy połączenia ściany zewnętrznej z oknem w przekroju przez nadproże (rysunek 2, tabela 1). W celu spełnienia wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej ściany ($U_c \leq U_{cmax}$) zróżnicowano grubość izolacji termicznej – wariant IV, V (rysunek 2, tabela 1). Wariant I, mimo iż nie jest rozwiązaniem proponowanym przez producentów materiałów budowlanych, znalazł swoje zastosowanie w praktyce i dlatego zdecydowano się przeprowadzić jego analizę. Przyjęto następujące założenia:

- temperatura wewnętrzna $t_i = 20$ °C, temperatura zewnętrzna $t_e = -20$ °C;
- opory przejmowania ciepła na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni przegrody (R_{si} , R_{se}) zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008 niezbędne do obliczeń parametrów cieplnych oraz PN-EN ISO 13788:2003 [7] w przypadku obliczeń wilgotnościowych f_{Rsi} ;



Rys. 2. Schemat złączy w ścianie jednowarstwowej przyjętych do obliczeń (opis oznaczeń w tabeli 2)
Fig. 2. Diagram of a single layer in the wall joints made in the calculation

[Opracowanie własne]

Tabela 1. Charakterystyka materiałów zastosowanych w rozwiązaniach z rysunku 2
Table 1. Characteristics of the materials used in the solution of Figure 2

Oznaczenia na rysunku	Materiał konstrukcyjny	d_n [m]	λ_n [W/(m·K)]
1	tynk cementowo-wapienny	0,01	1,000
2	beton komórkowy Solbet Ideal	*	0,110
3	tynk gipsowy	0,01	0,400
4	nadproże żelbetowe	0,20	2,500
5	pianka PU	0,01	0,035
6	ościeżnica drewniana	0,08	0,160
7	zestaw szybowy	0,08	0,075
8	styropian	**	0,040
9	beton komórkowy Solbet Optimal	0,24	0,170

*) grubość 36 i 42 cm;

**) grubość 6 cm – ocieplenie wieńca, grubość 12 i 18 cm – ocieplenie ściany dwuwarstwowej

• modelowanie złączy zgodnie z normą PN-EN ISO 10211:2008 [3];

• krok siatki podziałowej 1 cm.

Dla wybranych mostków określono parametry fizyczne: współczynnik przenikania ciepła – U_c [W/(m²·K)], strumień ciepła – Φ [W], liniowy współczynnik sprężenia cieplnego – L_{2D} [W/(m·K)], liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka termicznego – Ψ_i [W/(m·K)], temperaturę minimalną na powierzchni złącza – $\theta_{si,min}$ [°C], czynnik temperaturowy – f_{Rsi} [-].

Analiza parametrów fizycznych rozważanych złączy

Parametry ciepło-wilgotnościowe mostków termicznych określono z zastosowaniem programu komputerowego TRISCO,

wg procedur obliczeniowych w pracach [3, 4, 5, 6, 7]. Wyniki obliczeń rozpatrywanych złączy zestawiono w tabeli 2. W celu uniknięcia błędów wynikających z przeszacowania wielkości strat ciepła zaproponowano stosowanie gałęziowych współczynników przenikania ciepła Ψ_g [W/(m·K)] w przypadku poszczególnych części złącza Ψ_{is} , Ψ_{io} . Określenie tych parametrów jest możliwe w przypadku podziału strumienia ciepła napływającego na przegrodę od wnętrza, na powierzchnię ściany zewnętrznej oraz powierzchnię okna.

Podsumowanie

Wnioski z przeprowadzonych obliczeń i analizy parametrów charakteryzujących rozpatrywane warianty połączeń nadproży okiennych ze ścianą zewnętrzną:

• najbardziej niekorzystnym rozwiązaniem w aspekcie oceny ciepło-wilgotnościowej okazał się wariant I, w którym zaprojektowano nadproże bez izolacji cieplnej. W takim rozwiązaniu na powierzchni wewnętrznej występuje temperatura ujemna, co świadczy o przemarzaniu złącza. Rozwiązanie to jest stosowane w budow-

Tabela 2. Wyniki parametrów ciepło-wilgotnościowych
Table 2. Result of hygro-thermal parameters

[Opracowanie własne]

Parametry cieplne złącza	I wariant				II wariant*		III wariant*		IV wariant*		V wariant*	
	grubość warstwy konstrukcyjnej [cm]		grubość izolacji cieplnej [cm]		grubość warstwy konstrukcyjnej [cm]		grubość izolacji cieplnej [cm]		grubość warstwy konstrukcyjnej [cm]		grubość izolacji cieplnej [cm]	
	36	42	36	42	36	42	12	18	12	18	12	18
U_c [W/(m ² ·K)]	0,288	0,249	0,288	0,249	0,288	0,249	0,217	0,163	0,217	0,163	0,217	0,163
Φ [W]	69,61	68,10	37,11	35,52	40,39	37,47	43,33	41,31	35,30	33,01	35,30	33,01
L_{2D} [W/(m·K)]	1,740	1,703	0,928	0,888	1,010	0,937	1,083	1,033	0,893	0,825	0,893	0,825
Ψ_{io} [W/(m·K)]	0,066	0,065	-0,006	-0,007	0,001	0,001	0,007	0,005	0,008	0,008	0,008	0,008
Ψ_{is} [W/(m·K)]	0,284	0,315	0,046	0,050	0,082	0,091	0,255	0,269	0,109	0,117	0,109	0,117
Ψ_i [W/(m·K)]	0,350	0,380	0,040	0,043	0,083	0,092	0,262	0,274	0,117	0,125	0,117	0,125
Ocena ryzyka kondensacji powierzchniowej (temperatury minimalne przy: $t_e = -20^\circ\text{C}$, $t_i = 20^\circ\text{C}$)												
θ_1 [°C]	17,21	17,57	17,23	17,60	17,23	17,61	17,89	18,38	17,90	18,41	17,90	18,41
θ_2 [°C]	6,19	7,35	17,30	17,49	17,02	17,35	14,40	14,64	17,04	17,38	17,04	17,38
$\theta_{si,min}$ [°C]	-0,13	0,24	12,52	12,52	12,46	12,46	11,04	11,37	12,83	12,84	12,83	12,84
f_{Rsi} [-]	0,497	0,506	0,813	0,813	0,811	0,811	0,776	0,784	0,821	0,821	0,821	0,821

* wg tabeli 1

U_c – współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej [W/(m²·K)];

Φ – wielkość strumienia cieplnego przepływającego przez złącze, L_{2D} – współczynnik sprężenia cieplnego [W/(m·K)];

Ψ_i – liniowy współczynnik przenikania ciepła [W/(m·K)], Ψ_{io} – okna, Ψ_{is} – ściany;

θ_1, θ_2 – temperatury na stykach wewnętrznych złącza [°C];

$\theta_{si,min}$ – temperatura minimalna w złączu na wewnętrznej powierzchni przegrody [°C];

f_{Rsi} – czynnik temperaturowy [-]