

dr inż. Dorota Machowska<sup>1)</sup>

# Analiza wpływu łączników balkonowych z izolacją na mostki cieplne w budynkach energooszczędnych

## *Analysis of the impact of balcony insulated connections on thermal bridges in low-energy buildings*

DOI: 10.15199/33.2015.06.38

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono analizę wpływu łączników balkonowych z izolacją na wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  mostków cieplnych w budynkach energooszczędnych. Na podstawie opracowanych wykresów można określić, czy budynek z planowanymi do zastosowania łącznikami balkonowymi z izolacją będzie spełniał wymagania dotyczące budynków energooszczędnych podane w programie NFOŚiGW.

**Słowa kluczowe:** budynek energooszczędny, łącznik z izolacją.

**Abstract.** This article presents an analysis of the impact of balcony insulated connections on value of linear heat transfer coefficient  $\Psi$  of thermal bridges, in low energy buildings. On the basis of wrought graphs it is possible to determine in accessible way, if the building with insulated balcony connections planned to use will meet valid requirements for low-energy buildings, given in NFOŚiGW program.

**Keywords:** low-energy building, insulated connection.

W 2013 r. NFOŚiGW uruchomił Program Priorytetowy [1] dopłat do kredytów na budowę budynków energooszczędnych. W załączniku nr 3 do tego programu zdefiniowano podstawowe wymagania techniczne, jakie powinien spełniać budynek mieszkalny jedno- i wielorodzinny, aby osiągnął standardy energetyczne NF15 i NF40. Zgodnie z nimi, budynki energooszczędne powinny charakteryzować się m.in. obniżonymi wartościami współczynników przenikania ciepła  $U$  ścian zewnętrznych, w stosunku do zawartych w przepisach [2], zaś liniowe współczynniki przenikania ciepła  $\Psi$  mostków cieplnych nie mogą być większe od podanych wartości granicznych. Mostki cieplne podzielono na te powstające w miejscu płyty balkonowej i pozostałe. Graniczne wartości liniowych współczynników przenikania ciepła mostków w przypadku płyt balkonowych są następujące:

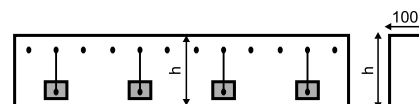
- dla budynków w standardzie NF40:  $\Psi \leq 0,3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ;
- dla budynków w standardzie NF15:  $\Psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .

W artykule wzięto pod uwagę tylko budynki energooszczędne w standardzie NF40, ponieważ osiągnięcie standardów NF15 w zakresie współczynników  $\Psi$  płyt balkonowych jest możliwe głównie w przypadku balkonów stano-

wiących odrębną konstrukcją względem ścian budynku.

Uzyskanie odpowiedniej wartości  $\Psi$  mostków cieplnych w miejscu płyty balkonowej w standardzie budynku NF40 jest możliwe przez ocieplenie jej warstwą izolacji grubości kilku cm lub zastosowanie między płytą balkonową a stropem łącznika balkonowego z izolacją termiczną. To drugie rozwiązanie jest coraz bardziej popularne, ponieważ pozwala na zatrzymanie ciepła na granicy ściany i w efekcie nie jest ono niepotrzebnie przekazywane do płyty balkonowej. Pręty zbrojeniowe, przechodzące przez łącznik, wykonane są ze stali nierdzewnej, która ma współczynnik przewodzenia ciepła ok. 3-krotnie niższy od stali zwykłej.

Schemat łącznika balkonowego z izolacją termiczną przedstawiono na rysunku 1. Właściwości cieplne łącznika scharakteryzowano przez podanie zastępczego współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_r$ , który wykorzystano w analizie. Określono, jak zmiana współczynnika  $\lambda_r$  łącznika oraz jego wysokość, a tym samym wysokość stropu i płyty balkonowej, wpływa na wartość współczynnika  $\Psi$ . Analizę wykonano dla trzech najczęściej stosowanych rodzajów ścian zewnętrznych w budynkach energooszczędnych, w standardzie NF40. Wyniki analizy pokazano na wykresach, przyporządkowując średniemu współczynnikowi przewodzenia ciepła  $\lambda_r$  danego łącznika uzyskane wartości współczynnika  $\Psi$ . Opracowane wykre-



**Rys. 1.** Schemat łącznika z izolacją umożliwiające połączenie płyty balkonowej z płytą stropową. Widoczne pręty i kostki betonowe

*Fig. 1.* Scheme of connector with insulation enabling connection of balcony slab with floor slab. Visible rods and cobbles

sy mogą mieć praktyczne zastosowanie, ponieważ na etapie projektowania budynku energooszczędnego może się pojawić pytanie, czy zastosowanie danego łącznika pozwoli na dotrzymanie wymagań określonych w Programie Priorytetowym [1]. Dokładna odpowiedź wymaga przeprowadzenia obliczeń numerycznych, ale korzystając z wykresów, można dokonać wstępnej oceny efektów zastosowania danego łącznika, a także zastosować je do wszystkich dostępnych na rynku łączników z izolacją. W związku z tym, że na wartości współczynników  $\Psi$  mają wpływ wymiary i właściwości cieplne wszystkich warstw przegród występujących w miejscu mostka, otrzymane wyniki można stosować w przypadku, gdy grubość poszczególnych warstw przegrody porównywanej jest podobna, a współczynniki przewodzenia ciepła tych warstw są podobne lub mniejsze od przedstawionych w przykładach. W przypadku, gdy w przegrodzie zewnętrzną będzie wbudowane okno i zostaną spełnione wymagania dotyczące mostka w miejscu ściany pełnej, to będą też spełnione w

\* Politechnika Krakowska, Wydział Architektury; e-mail: machowska@pk.edu.pl

przypadku mostka ściany z oknem, ponieważ w układzie z oknem wartość  $\Psi$  maleje.

### Opis przeprowadzonych badań i obliczeń

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- ściany zewnętrzne, przez które przechodzi płyta stropowa i balkonowa, spełniają wymagania Programu Priorytetowego [1]; wartości ich współczynników przenikania ciepła są mniejsze od maksymalnej dopuszczalnej wartości, która w przypadku budynków wielorodzinnych w standardzie NF40, powinna wynosić:  $U \leq 0,20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ;

- wartości współczynników przenikania ciepła ścian zewnętrznych obliczono zgodnie z normą [4];

- wysokość żelbetowej płyty balkonowej jest taka sama, jak płyty stropowej;

- żelbetową płytę balkonową połączono z płytą stropową za pomocą łącznika z izolacją;

- obliczenia wykonano dla najczęściej stosowanych łączników balkonowych, tj. o szerokości 10 cm;

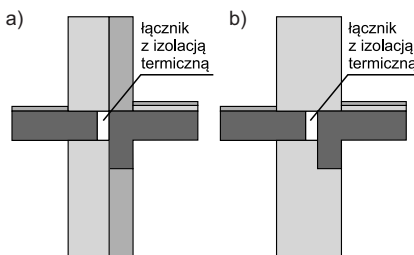
- wyodrębnienie połączenia konstrukcyjnego z obudowy następuje w płaszczyznach adiabatycznych, które zgodnie z normą [5, 6] są oddalone o 1,1 m od środka połączenia.

W obliczeniach zastosowano program do modelowania dwuwymiarowego [3], który spełnia wymagania normy [5]. Ogólne schematy przegród z zaznaczoną lokalizacją łącznika przedstawiono na rysunku 2.

#### ● Przykład 1

- **ściana zewnętrzna:** tynk cementowo-wapienny  $d = 0,015 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,82 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; pustak ceramiczny  $d = 0,25 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; izolacja  $d = 0,25 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; tynk cienkowarstwowy  $d = 0,008 \text{ m}$ ,  $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej  $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ;

- **strop:** parkiet dębowy  $d = 0,02 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,22 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; posadzka cementowa  $d = 0,04 \text{ m}$ ,  $\lambda = 1,7 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; izolacja  $d = 0,05 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; strop żelbetowy  $d = 0,16 \div 0,22 \text{ m}$ ,  $\lambda = 2,3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; tynk cementowo-wapienny  $d = 0,015 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,82 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ;
- **balkon:** płytki ceramiczne  $d = 0,02 \text{ m}$ ,  $\lambda = 1,05 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; posadzka cementowa  $d = 0,02 \text{ m}$ ,  $\lambda = 1,7 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; płyta żelbetowa  $d = 0,16 \div 0,22 \text{ m}$ ,



Rys. 2. Uproszczony schemat obliczanych przegród budowlanych: a) przykład 1, 2; b) przykład 3

Fig. 2. A simplified diagram of wall barriers calculated: a) example 1, 2; b) example 3

$\lambda = 2,3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; tynk cienkowarstwowy  $d = 0,008 \text{ m}$ ,  $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ;

#### ● Przykład 2

- **ściana zewnętrzna:** tynk cementowo-wapienny  $d = 0,015 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,82 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; żelbet  $d = 0,2 \text{ m}$ ,  $\lambda = 2,3 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; izolacja  $d = 0,2 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; tynk cienkowarstwowy  $d = 0,008 \text{ m}$ ,  $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej  $U = 0,19 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ;

- **strop:** jak w przykładzie 1.

- **balkon:** jak w przykładzie 1.

#### ● Przykład 3

- **ściana zewnętrzna:** tynk cementowo-wapienny  $d = 0,015 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,82 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; pustak  $d = 0,48 \text{ m}$ ,  $\lambda = 0,4 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; tynk cienkowarstwowy  $d = 0,008 \text{ m}$ ,  $\lambda = 1,0 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ; współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej  $U = 0,19 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ;

- **strop:** jak w przykładzie 1.

- **balkon:** jak w przykładzie 1.

W obliczeniach przyjęto zastępczy współczynnik przewodzenia ciepła łącznika  $\lambda_r$ , który zależy od materiałów łącznika. Jego wartość zazwyczaj podają producenci łączników. W przypadku braku takich informacji,  $\lambda_r$  można obliczyć w sposób dokładny za pomocą modelowania trójwymiarowego, lub w sposób uproszczony, korzystając ze wzoru:

$$\lambda_r = \frac{\sum_i A_i \lambda_i}{\sum_i A_i} \quad (1)$$

gdzie:

$\lambda_i$  – współczynnik przewodzenia ciepła materiału występującego w łączniku;  
 $A_i$  – powierzchnia, do której współczynnik  $\lambda_i$  ma odniesienie.

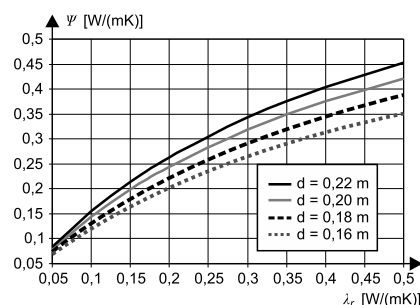
W celu obliczenia  $\lambda_r$  łącznika z rysunku 1 należy określić powierzchnię  $A_i$  prętów występujących w przekroju, płytek, kostek betonowych i izolacji oraz  $\lambda_i$  tych materiałów. Z [7] wynika, że uproszczone obliczenia mogą być stosowane,

ponieważ dają wartości wyższe niż otrzymane w sposób dokładny. Różnica wynikająca ze sposobu liczenia może wynosić kilka – kilkadziesiąt procent w zależności m.in. od ilości stali występującej w łączniku. Jeżeli łącznik będzie spełniał wymagania przy zawyżonej wartości  $\lambda_r$ , to tym samym również w przypadku wartości obliczonej w sposób dokładny.

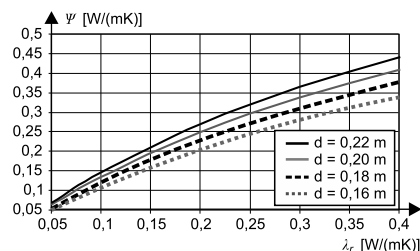
### Analiza wyników obliczeń

Otrzymane wyniki obliczeń numerycznych zestawiono na rysunkach 3, 4 i 5. Górna krzywa na każdym rysunku odpowiada wysokości łącznika, a tym samym żelbetowej płyty balkonowej i stropowej 0,22 m, pośrednie krzywe wysokości 0,2 i 0,18 m, a dolna wysokości łącznika 0,16 m.

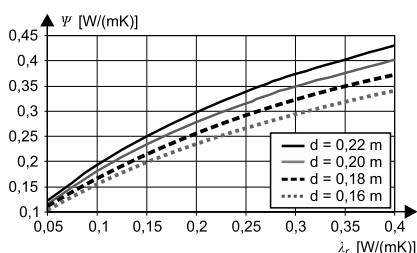
Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że w przypadku tego samego układu przegród, przy stałej wartości  $\lambda_r$  wraz ze wzrostem wysokości łącznika, a tym samym żelbetowej płyty stropowej i balkonowej, wzrasta współ-



Rys. 3. Zależność liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  od współczynnika  $\lambda_r$  łącznika oraz od grubości  $d$  żelbetowej płyty balkonowej i stropowej. Przykład 1  
 Fig. 3. The dependence of the linear heat transfer coefficient  $\Psi$  from  $\lambda_r$  coefficient for the connector and the thickness  $d$  of reinforced concrete balcony and roof slab. Example 1



Rys. 4. Zależność liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  od współczynnika  $\lambda_r$  łącznika oraz od grubości  $d$  żelbetowej płyty balkonowej i stropowej. Przykład 2  
 Fig. 4. The dependence of the linear heat transfer coefficient  $\Psi$  from  $\lambda_r$  coefficient for the connector and the thickness  $d$  of reinforced concrete balcony and roof slab. Example 2



Rys. 5. Zależność liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  od współczynnika  $\lambda_r$  łącznika oraz od grubości  $d$  żelbetowej płyty balkonowej i stropowej. Przykład 3

Fig. 5. The dependence of the linear heat transfer coefficient  $\Psi$  from  $\lambda_r$  coefficient for the connector and the thickness  $d$  of reinforced concrete balcony and roof slab. Example 3

czynnik  $\Psi$ . Porównując zatem dwa łączniki różnej wysokości, ale o tej samej wartości  $\lambda_r$ , może się okazać, że np. jeden spełnia wymagania dotyczące płyty żelbetowej wysokości 0,16 m, ale drugi może już nie spełniać wymagań dla płyty żelbetowej większej wysokości.

Obliczenia wykazały, że im mniejszy współczynnik przenikania ciepła ściany  $U$ , tym większy współczynnik  $\lambda_r$  może mieć wbudowany w nią łącznik, aby osiągnąć tę samą wartość współczynnika  $\Psi$ .

W tabeli zestawiono wyniki obliczeń obrazujące, jak zmienia się wartość  $\lambda_r$  łącznika balkonowego, w zależności od jego wysokości, gdy współczynnik  $\Psi$ , zgodnie z wytycznymi do Programu Priorytetowego [1], będzie wynosił 0,3 W/(m·K). Wartości  $\lambda_r$  łączników balkonowych, określone zgodnie ze wzorem (1), przy wysokości stropu 0,22 m przyjmują wartości 0,08 ÷ 0,318. W przypadku łączników, które miałyby być zastosowane w przegrodach o budowie podobnej do tych z przykła-

dów 1, 2 i 3 i których wartości  $\lambda_r$  przekraczają podane w tabeli, powinny zostać przeprowadzone obliczenia  $\lambda_r$  z wykorzystaniem modelowania trójwymiarowego, w celu sprawdzenia ich wpływu na wartości  $\Psi$  w projektowanym budynku energooszczędnym. W związku z tym, że na wartości współczynników  $\Psi$  mają wpływ wymiary i właściwości cieplne wszystkich warstw przegród występujących w miejscu mostka, wykonano obliczenia sprawdzające zakres otrzymanych wyników, w przypadku podobnie zbudowanych przegród. Wynika z nich, że gdy właściwości cieplne porównywanych przegród są takie same lub lepsze od przedstawionych w przykładach, to gdy grubość porównywanej przegrody jest na poziomie  $\pm 0,02$  m, różnica w otrzymywanych wartościach współczynnika  $\Psi$  wynosi 5%. Oznacza to, że również w takim przypadku uzyskane wyniki obliczeń mogą być zastosowane do praktycznej analizy porównawczej.

Obliczane dopuszczalne wartości  $\lambda_r$  łączników balkonowych, uzyskane w przypadku mostka cieplnego o wartości  $\Psi = 0,3$  W/(m·K)  
Calculation of the limit values  $\lambda_r$  of balcony connectors, obtained with a thermal bridge with a value  $\Psi = 0,3$  W/(m·K)

Wysokość żelbetowej płyty balkonowej i stropowej [m]	$\lambda_r$ łączników balkonowych gdy $\Psi = 0,3$ W/(m·K)		
	Przykład 1 [W/(m·K)]	Przykład 2 [W/(m·K)]	Przykład 3 [W/(m·K)]
0,16	0,37	0,33	0,31
0,18	0,31	0,28	0,26
0,20	0,27	0,25	0,23
0,22	0,24	0,23	0,20

Założenia do Programu Priorytetowego [1] stawiają przed projektantami wymagania dotyczące określenia w projektowanych budynkach energooszczędnych wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  mostków, w miejscu płyty balkonowej. Aby osiągnąć standard NF40 w przypadku budynku energooszczędnego, należy zastosować łącznik z izolacją na połączeniu żelbetowej płyty stropowej z płytą balkonową.

Literatura

[1] Program Priorytetowy NFOŚiGW, określający podstawowe wymagania niezbędne do osiągnięcia oczekiwanych standardów energetycznych budynków mieszkalnych, w celu uzyskania dopłaty do kredytów na domy energooszczędne [http://www.nfosigw.gov.pl].  
[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12. IV. 2002 r w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wraz z późniejszymi zmianami.  
[3] Program obliczeniowy AnTherm, Version 7.120.2013.04.08.  
[4] PN-EN ISO 6946 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.  
[5] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.  
[6] PN-EN ISO 14683:2008, Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.  
[7] Geryło R., Energooszczędne rozwiązania węzłów konstrukcyjnych w obudowie. Materiały Budowlane nr 8, 2008, str. 88.  
[8] Rynkowski P., Problemy dostosowania mostków cieplnych do standardu NFOŚiGW, Materiały Budowlane, nr 1, 2014, str. 34.  
[9] Pawłowski K., Charakterystyka parametrów cieplnych złączy ścian zewnętrznych budynków niskoenergetycznych, Materiały Budowlane, nr 1, 2014, str. 32.

## ARCHBUD i KRAJ-ART – konferencje Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania w Warszawie

15 – 18 września 2015 r. w Zakopanem odbędą się dwie konferencje naukowe zorganizowane przez Wydział Architektury Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania w Warszawie, pod patronatem medialnym miesięcznika „Materiały Budowlane”.

VII Konferencja Naukowo-Techniczna ARCHBUD 2015, współorganizowana przez Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie, poświęcona będzie teoretycznym i praktycznym problemom współczesnej architektury i budownictwa, ze szczególnym uwzględnieniem m.in. zagadnień pluralizmu i przyszłości regionalizmu w architekturze; problemów ekologii i energooszczędności w budownictwie czy kształtowania i obliczania konstrukcji.

Natomiast III Międzynarodowa Konferencja Artystyczno-Naukowa KRAJ-ART 2015 odbędzie się pod hasłem „Ele-

ment szczególny w otoczeniu – znaki czasu” (rozpatrywanym w pięciu aspektach: jako forma w krajobrazie, detal urbanistyczny, architektoniczny i wnętrzarski). Uczestnicy będą dyskutować m.in. o: problemach kształtowania obiektów architektonicznych; ekspozycji obiektów architektury w krajobrazie; projektowaniu krajobrazu oraz wpływie działalności człowieka na walory przyrodnicze i kulturowe.

Do udziału w wydarzeniach zaproszeni są zarówno specjaliści i przedstawiciele środowisk naukowych z kraju i zagranicy, kształtujący przyszłych projektantów, jak i czynnie działający architekci krajobrazu i wnętrz, urbaniści, konserwatorzy zabytków oraz inżynierowie budownictwa i konstruktorzy.

Więcej informacji na stronie internetowej uczelni – [www.wseiz.pl](http://www.wseiz.pl) – w zakładce Uczelnia/Konferencje.