

Krzysztof PAWŁOWSKI, Marek RAMCZYK, Joanna CIUBA

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

## KSZTAŁTOWANIE PARAMETRÓW FIZYKALNYCH ZŁĄCZY STROPODACHÓW W ŚWIELE NOWYCH WYMAGAŃ CIEPLNYCH

Poprawne kształtowanie układów materiałowych stropodachów i ich złączy wymaga określenia parametrów fizykalnych w świetle nowych wymagań cieplnych. W pracy przedstawiono aktualne przepisy prawne w zakresie ochrony cieplno-wilgotnościowej przegród zewnętrznych i ich złączy, charakterystykę rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych stropodachów i ich złączy oraz wyniki obliczeń parametrów fizykalnych złączy stropodachów przy zastosowaniu programu komputerowego.

**Słowa kluczowe:** złącza stropodachów, wymagania cieplne, parametry fizykalne

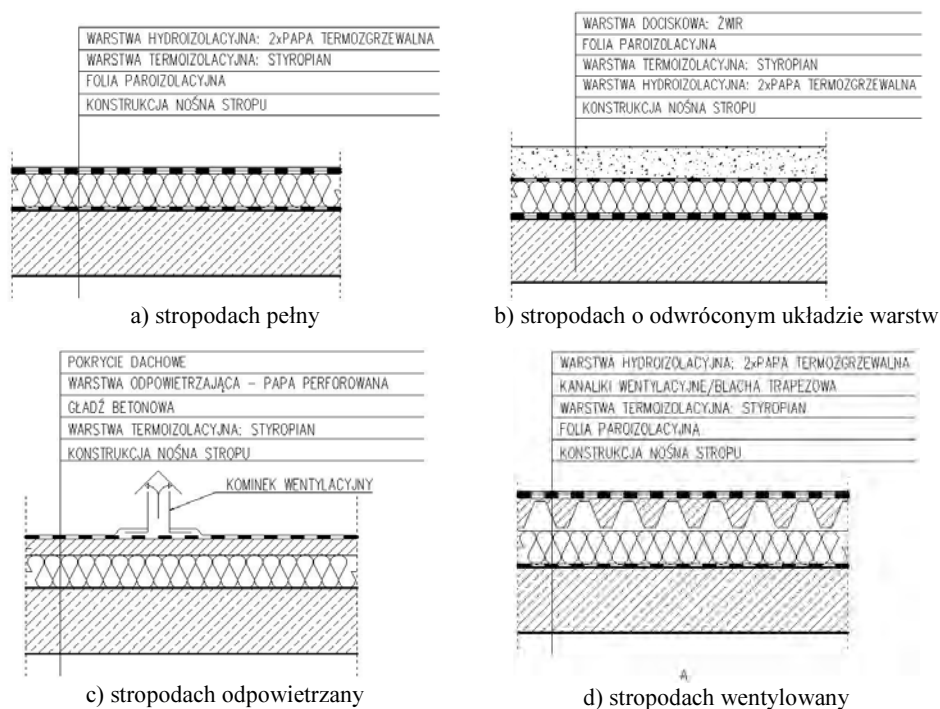
### WPROWADZENIE

Zmiany w Rozporządzeniu [1] zakładają stopniowe zaostrzenie warunków dotyczących wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_{c(max)}$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] oraz wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [ $kWh/(m^2 \cdot rok)$ ]. Projektowanie przegród zewnętrznych i ich złączy w aspekcie cieplno-wilgotnościowym powinno opierać się na szczegółowych obliczeniach i analizach w zakresie spełnienia kryterium cieplnego:  $U_c \leq U_{c(max)}$  oraz kryterium wilgotnościowego (ryzyko rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych):  $f_{Rsi} \geq f_{Rsi(kryt.)}$ . W celu ograniczenia dodatkowych strat ciepła wynikających z występowania mostków cieplnych (złączy budowlanych) należy określić także wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  [ $W/(m \cdot K)$ ]. Określenie parametrów fizykalnych złączy stropodachów wymaga zastosowania profesjonalnego programu komputerowego do symulacji przepływu ciepła.

### 1. PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE STROPODACHÓW I ICH ZŁĄCZY

Stropodach jest to przegroda zewnętrzna stanowiąca przekrycie budynku, spełniające jednocześnie funkcję stropu, jak również dachu. Stropodachy przenoszą obciążenia od śniegu i wiatru oraz zabezpieczają wnętrze budynku przed opadami atmosferycznymi i wahaniami temperatury [2]. Stropodachy stosowane są przy

przekryciach o kącie nachylenia od  $0^\circ$  do  $15^\circ$ . Poprawne wykonanie stropodachu ma wpływ na wytrzymałość konstrukcji, bezpieczeństwo oraz komfort życia użytkowników budynku. Rodzaj stropodachu zależy od rodzaju konstrukcji, sposobu użytkowania oraz warunków zewnętrznych. Pod względem rodzaju konstrukcji i układu warstw rozróżniamy stropodachy pełne, odpowietrzane i wentylowane (rys. 1).



Rys. 1. Przykładowe rozwiązania materiałowe stropodachów [3]

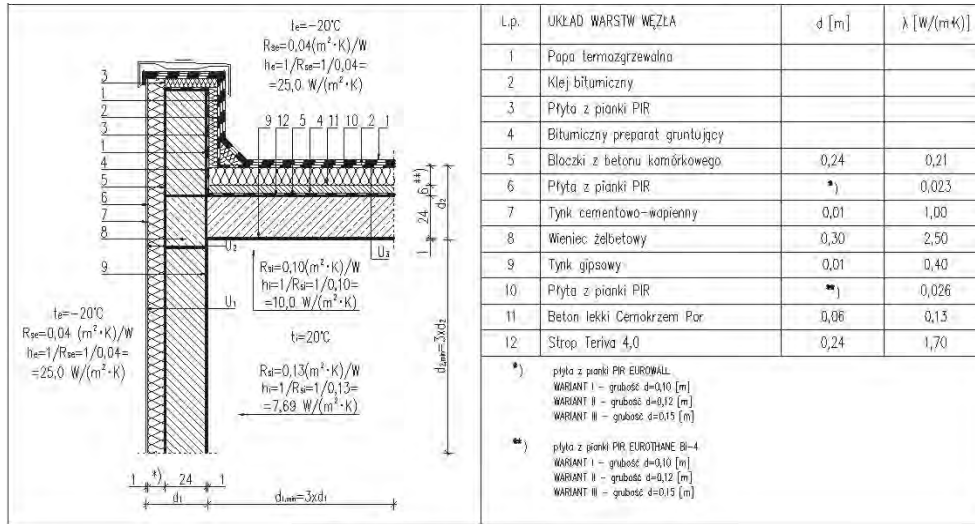
W aspekcie cieplno-wilgotnościowym istotne znaczenie ma odpowiedni dobór rodzaju i grubości materiału termoizolacyjnego (m.in. styropian, wełna mineralna, płyty z pianki poliuretanowej PIR lub PUR). W dalszej części pracy przedstawiono wyniki obliczeń parametrów fizykalnych złączy stropodachów pełnych przy zastosowaniu programu komputerowego TRISCO.

## 2. PARAMETRY FIZYKALNE ZŁĄCZY STROPODACHÓW PEŁNYCH

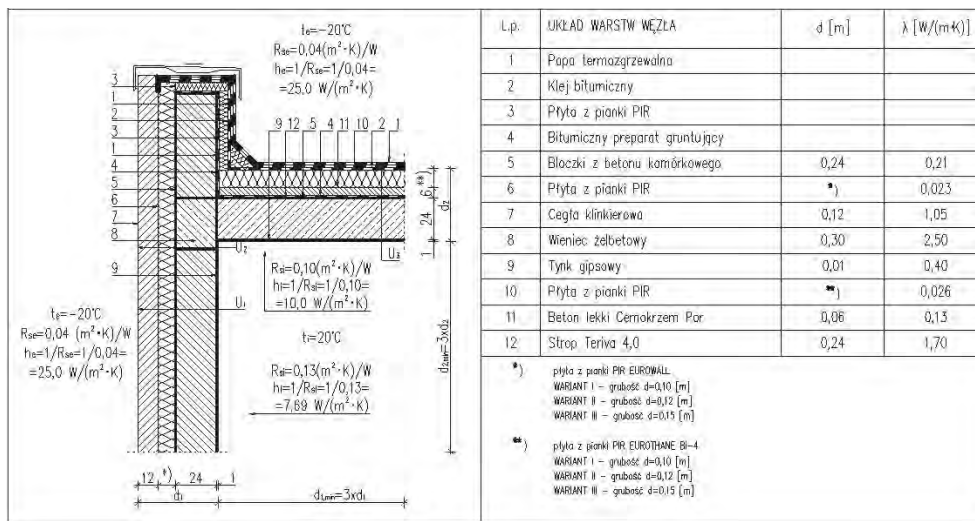
Kształtowanie układów materiałowych elementów budynków (przegród zewnętrznych i ich złączy) obejmuje analizę szeregu parametrów cieplno-wilgotnościowych.

W ramach pracy określono parametry fizykalne wybranych złączy budowlanych (połączenia stropodachu pełnego ze ścianą zewnętrzną) z ociepleniem w postaci płyty z pianki poliuretanowej PIR przy zastosowaniu programu komputerowego

TRISCO, zgodnie z zasadami opisanymi w PN-EN ISO 10211:2008 [4] oraz pracy [5]. Charakterystykę materiałową analizowanych złączy przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Charakterystyka materiałowa połączenia stropodachu pełnego ze ścianą zewnętrzną dwuwarstwową [3]



Rys. 3. Charakterystyka materiałowa połączenia stropodachu pełnego ze ścianą zewnętrzną trójwarstwową [3]

Wykonanie szczegółowych obliczeń przy zastosowaniu programu komputerowego pozwala na uzyskanie miarodajnych wyników parametrów fizykalnych. Ich wartości zależą od zastosowanego materiału budowlanego (konstrukcyjnego),

rodzaju i grubości izolacji cieplnej oraz ukształtowania struktury materiałowej analizowanego złącza. Posługiwanie się wartościami przybliżonymi i orientacyjnymi, np. na podstawie kart katalogowych R1÷R12 (dotyczących stropodachów) wg normy PN-EN ISO 14683:2008 [6], staje się nieuzasadnione, ponieważ nie uwzględniają zmiany układów materiałowych oraz rodzaju i grubości izolacji cieplnej.

W celu uniknięcia błędów wynikających z przeszacowania wielkości strat ciepła zaproponowano stosowanie **wartości gałęziowych współczynników przenikania ciepła**. W PN-EN12831: 2006 [7] zauważa się potrzebę ich podziału przy obliczeniach strat ciepła „*metodą pomieszczenie po pomieszczeniu*” i proponuje się aby: „... całkowite wartości  $\Psi_i$  obliczone według EN ISO 10211-1 zostały podzielone na dwa ...”. Takie postępowanie w wielu przypadkach jest podstawowym błędem. Aby poprawnie wykonać obliczenia cieplne odniesione do budynku, np. poszczególnych ścian zewnętrznych, należy dokonać podziału wartości współczynnika  $\Psi$  na odpowiednie części złącza uczestniczące w stratach ciepła. W pracy określono gałęziowe współczynniki przenikania ciepła w odniesieniu do górnej części złącza (stropodachu) oraz dolnej części złącza (ściany zewnętrznej).

Wyniki obliczeń parametrów fizykalnych złączy stropodachów zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki obliczeń parametrów fizykalnych złączy stropodachu pełnego ze ścianą zewnętrzną [3]

Wariant	$U_{c(s)}/U_{c(śc.)}$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	$\Phi$ [W]	$\Psi_{i(s.)}$ [W/(m·K)]	$\Psi_{i(śc.)}$ [W/(m·K)]	$\Psi_i$ [W/(m·K)]	$\theta_{si,min}$ [°C]	$f_{Rsi}$ [-]
I <sub>a(10)</sub>	0,18/0,22	23,31	0,10	0,04	0,14	14,82	0,87
I <sub>b(12)</sub>	0,15/0,19	21,07	0,10	0,02	0,12	14,79	0,87
I <sub>c(15)</sub>	0,13/0,15	18,77	0,08	0,03	0,11	16,05	0,90
II <sub>a(10)</sub>	0,18/0,22	25,93	0,10	0,04	0,14	14,88	0,87
II <sub>b(12)</sub>	0,15/0,19	23,39	0,09	0,03	0,12	15,45	0,89
II <sub>c(15)</sub>	0,13/0,15	20,65	0,08	0,03	0,11	15,95	0,90

$U_{c(s)}$  - współczynnik przenikania ciepła stropodachu,  $U_{c(śc.)}$  - współczynnik przenikania ciepła ściany zewnętrznej,  $\Phi$  - wielkość strumienia cieplnego przepływającego przez złącze,  
 $\Psi_{i(s.)}$  - liniowy (gałęziowy) współczynnik przenikania ciepła w odniesieniu do górnej części złącza (stropodachu), określony wg wymiarów wewnętrznych,  
 $\Psi_{i(śc.)}$  - liniowy (gałęziowy) współczynnik przenikania ciepła w odniesieniu do dolnej części złącza (ściany zewnętrznej), określony wg wymiarów wewnętrznych,  
 $\theta_{si,min}$  - temperatura minimalna na wewnętrznej powierzchni przegrody w miejscu mostka cieplnego,  
 $f_{Rsi}$  - czynnik temperaturowy, określany na podstawie temperatury  $\theta_{si,min}$

Jakość cieplna elementów budynków jest określana także w postaci czynnika temperaturowego złączy w przegrodach budynku dla potwierdzenia wymagania:  $f_{Rsi} \geq f_{Rsi(kryt)}$ . Sprawdzenia wymagają wszystkie złącza (w zależności od ich rodzaju), poprzez obliczenie w układzie dwu- lub trójwymiarowym i stanowią o istocie reali-

zacji warunku niedopuszczenia do kondensacji powierzchniowej na przegrodach osłaniających budynek. Określenie czynnika temperaturowego  $f_{Rsi}$  [-] w analizowanym złączu przegród zewnętrznych wymaga określenia temperatury minimalnej na wewnętrznej powierzchni przegrody oraz w miejscu mostka cieplnego przy założeniu odpowiednich temperatur powietrza wewnętrznego ( $\theta_i$ ) i zewnętrznego ( $\theta_e$ ) i dla mostków cieplnych zastosowania przestrzennego modelu przegrody wg PN-EN ISO 10211:2008 [4]. Natomiast wymaganą wartość granicznego czynnika temperaturowego  $f_{Rsi(kryt)}$  ustala się w funkcji temperatury  $t_i$  oraz zawartości wilgoci  $\phi_i$  pomieszczenia, którego dotyczy. Wymienione parametry (temperatura wewnętrzna oraz zawartość wilgoci w pomieszczeniu) przesądzą o wartości czynnika temperaturowego  $f_{Rsi(kryt)}$ , decydującej granicy w ocenie poprawności rozwiązań konstrukcyjnych złącza. W Rozporządzeniu [1] dopuszczono (bez obliczeń dla:  $\phi_i = 0,50$  (50%) i  $t_i = 20^\circ\text{C}$ ) przyjmowanie wartości czynnika  $f_{Rsi(kryt)} = 0,72$ , co praktycznie oznacza rezygnację z ustalania klas wilgotności pomieszczeń zaopatrzonych w wentylację grawitacyjną.

## PODSUMOWANIE, WNIOSKI

Analiza parametrów fizykalnych przegród zewnętrznych i ich złączy ma istotne znaczenie w zakresie poprawnego kształtowania układów materiałowych i geometrii projektowanego budynku o niskim zużyciu energii.

Kompleksowa ocena cieplno-wilgotnościowa powinna dotyczyć nie tylko pełnej przegrody zewnętrznej, ale także jej złączy. Natomiast podane w Rozporządzeniu [1] wartości graniczne współczynnika przenikania ciepła  $U_{c(max)}$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] (dla stropodachów  $U_{c(max)} = 0,18$  w okresie 2017-2020, a po 2021 r.  $U_{c(max)} = 0,15$  oraz dla ścian zewnętrznych  $U_{c(max)} = 0,23$  w okresie 2017-2020, a po 2021 r.  $U_{c(max)} = 0,20$ ) nie uwzględniają przepływów ciepła w polu (2D) i (3D), co powoduje rzeczywiste dopuszczenie większych strat ciepła przez przegrody budowlane i ich złącza.

Połączenie stropodachu ze ścianą zewnętrzną generuje dodatkowe straty ciepła w postaci liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi$  [ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ] oraz obniżenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegrody  $\theta_{si,min}$  (tab. 1). Zasadne staje się więc określenie wartości granicznych liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\Psi_{max}$  w Rozporządzeniu [1] na poziomie  $0,05 \div 0,10$   $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  w zależności od specyfiki analizowanego złącza. Natomiast, analizując złącza ścian zewnętrznych (tab. 1), można stwierdzić, że nie występuje ryzyko kondensacji powierzchniowej pary wodnej, ponieważ obliczone wartości czynników temperaturowych  $f_{Rsi}$  [-] są większe od wartości granicznej czynnika temperaturowego  $f_{Rsi(kryt)}$  [-]. Wartość graniczna (krytyczna) czynnika temperaturowego, przy uwzględnieniu parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego, analizowanych wariantów obliczeniowych wynosi  $f_{Rsi(kryt)} = 0,778$ .

Istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań i obliczeń zarówno dla złączy dwuwymiarowych, jak i trójwymiarowych (przestrzennych), ponieważ rozwój technologii produkcji materiałów rozwija się, wprowadzając nowe produkty na rynek budowlany.

## LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania, DzU z 2013 r., poz. 926.
- [2] Markiewicz P., Budownictwo ogólne dla architektów Wydawnictwo ARCHI-PLUS, Kraków, 2007.
- [3] Ciuba J., Studium projektowe złączy stropodachów pełnych w świetle nowych wymagań cieplnych, Praca dyplomowa magisterska napisana pod kierunkiem dr. inż. K. Pawłowskiego, UTP, Bydgoszcz 2016.
- [4] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [5] Pawłowski K., Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy, Wydawnictwo Grupa Medium, Warszawa 2016.
- [6] PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- [7] PN-EN12831: 2006 Instalacje grzewcze w budynkach - Metoda obliczania obciążenia cieplnego.

## FORMATION OF PHYSICAL PARAMETERS OF FLAT ROOFS JOINTS IN VIEW OF NEW THERMAL REQUIREMENTS

**The correct formation of materials flat roofs systems and their joints, requires the determination of physical parameters in view of new thermal requirements. The paper presents current regulations for the heat-humidity protection of external walls and their joints, characteristics of construction-material flat roofs solutions and their joints, as well as the calculation results of joints flat roofs physical parameters using computer program.**

**Keywords:** flat roofs joints, thermal requirements, physical parameters