

dr inż. Michał Piasecki^{1*)}
mgr inż. Michał Pilariski¹⁾

Badania izolacyjności cieplnej płyt warstwowych z rdzeniem izolacyjnym w okładzinach metalowych z jedną okładziną perforowaną

The test of thermal isolation of sandwich panels with isolation core and metal facings with one perforated facing

DOI: 10.15199/33.2015.11.13

Streszczenie. W artykule podano aktualne wymagania wynikające z przepisów technicznych oraz metody badania współczynnika przenikania ciepła z płyt warstwowych z rdzeniem izolacyjnym w okładzinach metalowych z jedną okładziną perforowaną. **Słowa kluczowe:** płyty warstwowe, okładzina perforowana, izolacyjność cieplna, współczynnik przenikania ciepła, obliczenia, badania.

Abstract. Current recommendations according to technical regulations and test method the thermal transmittance of sandwich panel with isolation core and metal facings with one perforated facing.

Keywords: sandwich panels, perforated facing, thermal isolation, thermal transmittance, calculations, tests.

Dyrektywa 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków wyznacza szczególne cele, a mianowicie do 31 grudnia 2020 r. wszystkie nowe budynki powinny charakteryzować się niemal zerowym zużyciem energii. Ściany zewnętrzne i wewnętrzne konstrukcyjne, a także działowe oraz przekrycia dachowe wykonane z płyt warstwowych z rdzeniem izolacyjnym mogą charakteryzować się bardzo dobrą izolacyjnością cieplną znacznie ograniczającą straty ciepła przez przenikanie. Płyty warstwowe z rdzeniem izolacyjnym składające się z dwóch okładzin z blachy stalowej mogą mieć również jedną okładzinę perforowaną, w celu zapewnienia lepszej absorpcji i tłumienia dźwięku, a w efekcie lepszej izolacyjności akustycznej. Perforacja okładzin metalowych stanowi 30 – 35% całej powierzchni okładziny płyty warstwowej. Okładziny te wykonane są zazwyczaj z blachy stalowej grubości 0,5 mm pokrytej powłokami metalicznymi oraz organicznymi, natomiast rdzeń płyt zazwyczaj stanowi wełna mineralna, styropian, polistyren ekstrudowany XPS, pianka poliuretanowa PUR/PIR bądź pianka fenolowa PF. Wartość współczynnika przenikania ciepła wyrobów oblicza się zgodnie z normą PN-EN 14509:2010, ale norma ta nie odnosi się wprost do płyt warstwowych z jedną okładziną perforowaną.

Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej budynków

1 stycznia 2014 r. wprowadzono duże zmiany dotyczące wartości wymaganych współczynników przenikania ciepła U ścian, stropów i stropodachów. W kolejnych latach będą one sukcesywnie się zmniejszały, aż do 2021 r., kiedy

współczynnik przenikania ciepła U ściany zewnętrznej będzie wynosił 0,20 W/(m²·K). Oznacza to, że producenci płyt warstwowych będą musieli spełniać coraz surowsze wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej swoich wyrobów. W tabeli 1 przedstawiono wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła U ścian, stropów i stropodachów zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. poz. 926 z 13.08.2013 r.) [2].

Metody obliczania współczynnika przenikania ciepła płyt warstwowych

Norma badawcza PN-EN 14509 nie określa metody obliczania współczynnika przenikania ciepła U płyt warstwowych z jedną okładziną perforowaną, ale podane w niej wytyczne i wymagania mogą być wykorzystane również w przypadku takich płyt. Przy określaniu współczynnika przenikania ciepła płyt warstwowych ściennych lub dachowych należy zwrócić uwagę, aby: przeprowadzone badania lub obliczenia uwzględniały wpływ termiczny profili okładzin zewnętrznych i wewnętrznych oraz złącza krawędziowe pomiędzy płytami (płyta do płyty).

Współczynnik przenikania ciepła U płyty warstwowej można określać na podstawie obliczeń wg z PN-EN 14509 lub na podstawie symulacji komputerowych wg normy PN-EN ISO 10211. Do obliczeń zgodnie z PN-EN 14509 stosuje się wzór [2];

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{t_{ni}}{\lambda_{fi}} + \frac{d_c + \Delta e}{\lambda_{projektowa}} + \frac{t_{ne}}{\lambda_{fe}} + R_{se}} + \left(1 + \frac{f}{B}\right) \quad (1)$$

gdzie:

d_c – grubość nominalna rdzenia, bez uwzględnienia grubości okładzin [m];

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Fizyki Ciepłej, Instalacji Sanitarnych i Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji: e-mail: m.piasecki@itb.pl

t_{ni} – nominalna grubość okładziny wewnętrznej [m];
 t_{ne} – nominalna grubość okładziny zewnętrznej [m];
 $\lambda_{projektowa}$ – projektowa wartość współczynnika przewodzenia ciepła dotycząca rdzenia materiału płyty (W/m·K), określona na podstawie wartości deklarowanej λ_D ;
 λ_{fi} – projektowy współczynnik przewodzenia ciepła okładziny wewnętrznej [W/m·K];
 λ_{fe} – projektowy współczynnik przewodzenia ciepła okładziny zewnętrznej [W/m·K];
 Δe – dodatkowa grubość wynikająca z profili głównych [m];
 f – liniowy współczynnik wpływu przenikania ciepła połączenia dwóch płyt [W/m·K];
 b – szerokość modułarna płyty warstwowej [m];
 R_{si} – opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej [m²·K/W];
 R_{se} – opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej [m²·K/W].

Tabela 1. Wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła U ścian, stropów i stropodachów

Table 1. The required value thermal transmittance walls ceilings and roofs

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m ² ·K)]		
	od 1.01. 2014 r.	od 1.01. 2017 r.	od 1.01. 2021 r.
Ściany zewnętrzne: przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$		0,45	
przy $t_i < 8^\circ\text{C}$		0,90	
Ściany wewnętrzne:			
przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy		1,00	
b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$		bez wymagań	
oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego		0,30	
Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych o szerokości:			
do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm		1,00	
powyżej 5 cm, niezależnie od przyjętego sposobu zamknięcia i zaizolowania szczeliny		0,70	
Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych		bez wymagań	
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:			
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$		0,30	
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$		0,70	
Podłogi na gruncie:			
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$		0,30	
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$		1,20	
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$		1,50	
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi:			
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$		0,25	
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$		0,30	
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$		1,00	
Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne:			
a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$		1,00	
b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$		bez wymagań	
c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego		0,25	

Opory przejmowania ciepła na powierzchniach płaskiej strony wewnętrznej (R_{si}) i zewnętrznej (R_{se}), za które przyjmuje się powierzchnie płyt warstwowych, należy określać zgodnie z normą PN-EN ISO 6946 [3] (tabela 2).

Tabela 2. Obliczeniowe wartości oporów przejmowania ciepła w kontakcie z powietrzem

Table 2. The resistance of value heat transfer in contact with air

Opór przejmowania ciepła [m ² ·K/W]	Kierunek strumienia ciepła		
	w górę	poziomy	w dół
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Zgodnie z PN-EN ISO 10211 do obliczeń komputerowych stosuje się wzór [3];

$$U = q/\Delta T \cdot b \quad (2)$$

gdzie;

q – strumień ciepła [W/m];

ΔT – różnica temperatury środowiska wewnętrznego i zewnętrznego [K];

b – szerokość modułarna płyty warstwowej [m].

Określanie efektu złączy w płytach warstwowych.

Przy obliczeniach współczynnika przenikania ciepła U_c należy również określić liniowy współczynnik przewodzenia ciepła złączy (ψ) zgodnie z PN-EN ISO 10211 [3], a uzyskany wynik należy podać na 1 m długości płyty warstwowej. W przypadku okładzin stalowych wartość współczynnika rozkładu liniowej przewodności złączy f_{joint} przyjmuje się z normy PN-EN 14509 [2] zgodnie z typem złącza (rysunek). Wzór na U_c wg PN-EN 14509 jest następujący [2];

$$U_c = \frac{1}{R_{si} + \frac{t_{ni}}{\lambda_{fi}} + \frac{d_c + \Delta e}{\lambda_{projektowa}} + \frac{t_{ne}}{\lambda_{fe}} + R_{se}} + \left(1 + \frac{f_{joint}}{B}\right) \quad (3)$$

$$f_{joint} = f_{joint,nc} \frac{a - b_c}{a} + f_{joint,c} \frac{b_c}{a} \quad (4)$$

gdzie:

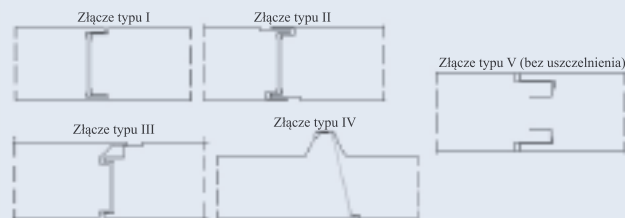
$f_{joint,nc}$ – współczynnik rozkładu liniowego współczynnika przenikania ciepła złączy bez zacisków;

$f_{joint,c}$ – współczynnik rozkładu liniowego współczynnika przenikania ciepła złączy z zaciskami;

a – odległość między zaciskami;

b_c – szerokość między zaciskami;

f_{joint} – przyjęto złącza długości 1 m.



Szkiele złączy płyt warstwowych wg PN-EN 14509 [2]

Draft types of joint sandwich panels in according to PN-EN 14509

W tabeli 3 podano wartości współczynnika rozkładu liniowego f_{joint} w zależności od połączeń płyt wg wzoru (4).

Zgodnie z PN-EN 14509 [2] współczynnik przenikania ciepła przegrody wykonanej z płyt warstwowych opisuje wzór:

$$U_c = U + \Delta U \quad (5)$$

gdzie:

ΔU – dodatek uwzględniający wpływ mocowania płyt warstwowych do konstrukcji nośnej za pomocą łączników mechanicznych [$W/(m^2 \cdot K)$] opisany jako:

$$\Delta U = n \cdot \chi \quad (6)$$

gdzie:

n – liczba łączników mechanicznych na [m^2];

χ – punktowy współczynnik przenikania ciepła występujący na styku płyty warstwowej z łącznikiem mechanicznym przenikającym przez płytę warstwową [W/K], obliczany zgodnie z PN-EN ISO 10211 [W/K].

Wyniki obliczeń dotyczące płyt z różnym rdzeniem izolacyjnym. Obliczenia miały na celu porównanie współczynników przenikania ciepła U_c płyt warstwowych z rdzeniem z pianki poliuretanowej PUR i wełny mineralnej MW, w okładzinach metalowych z jedną okładziną perforowaną. Do obliczeń przyjęto dane z tabeli 4.

Tabela 3. Wartości współczynnika rozkładu liniowego f_{joint} w zależności od połączeń płyt (rysunek)

Table 3. The values of thermal transmittance contribution factor (f_{joint}) in depending on the connection panel (Fig.)

Grubość płyty [mm]	Złącze typu I	Złącze typu II		Złącze typu III	Złącze typu IV	Złącze typu V
		bez zacisku ($f_{joint,nc}$)	z zaciskiem ($f_{joint,c}$)			
60	0,04	0,14	1,156	0,16	0,04	0,02
80	0,04	0,08	1,389	0,10	0,04	0,02
120	0,03	0,06	1,719	0,06	0,04	0,01
160	0,03	0,05	1,948	0,05	0,04	0,01
200	0,03	0,04	2,106	0,04	0,03	0,01

Tabela 4. Wartości współczynnika przewodzenia ciepła różnych rdzeni izolacyjnych

Table 4. The values of thermal conductivity of different insulating cores

Rodzaj rdzenia izolacyjnego i okładzin	λ [$W/(m \cdot K)$]	Uwagi
Rdzeń płyt – pianka PUR	0,022	wartość przyjęta do obliczeń
Rdzeń płyt – wełna mineralna	0,040	wartość przyjęta do obliczeń
Pianka PU	0,05	wg PN-EN ISO 10456 [7]
Stal (okładziny metalowe)	50,0	wg PN-EN ISO 10456 [7]

W tabeli 5 przedstawiono wyniki autorskich obliczeń płyt warstwowych z rdzeniem z pianki (PUR) i wełny mineralnej (MW) z uwzględnieniem wartości punktowego współczynnika przenikania ciepła χ połączeń płyty warstwowej z konstrukcją nośną za pomocą łączników mechanicznych, przeprowadzone z zastosowaniem programu komputerowego PHYSIBEL [5]. Do obliczeń punktowego współczynnika przenikania ciepła χ przyjęto liczbę łączników mechanicznych 1,0 szt./ m^2

Podsumowanie

Producenci płyt warstwowych będą musieli sprostać coraz większym wymaganiom dotyczącym izolacyjności cieplnej swoich wyrobów w najbliższych latach, zgodnie z nowymi wymaganiami zawartymi w „Warunkach tech-

Tabela 5. Wyniki obliczeń współczynnika przenikania ciepła trzech różnych płyt warstwowych z rdzeniem izolacyjnym

Table 5. The results of calculation of the thermal transmittance of three different panels with an insulating core

Rodzaj płyty	Grubość płyty [mm]	λ rdzenia płyty [$W/(m \cdot K)$]		Gęstość strumienia ciepła [W/m]		$U^{1)}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]		$\chi^{2)}$ [W/K]		$U_c^{3)}$ [$W/(m^2 \cdot K)$]	
		MW	PUR	MW	PUR	MW	PUR	MW	PUR	MW	PUR
Płyta ścienna	100	0,040	0,022	15,2	8,69	0,38	0,22	0,008	0,008	0,39	0,23
Płyta ścienna z ukrytym zamkiem	100	0,040	0,022	15,5	8,89	0,39	0,22	0,008	0,008	0,40	0,23
Płyta dachowa	100	0,040	0,022	15,0	8,43	0,38	0,21	0,008	0,008	0,39	0,22

¹⁾ wartość współczynnika przenikania ciepła płyty;

²⁾ wartość punktowego współczynnika przenikania ciepła χ połączenia płyty warstwowej z konstrukcją za pomocą łączników mechanicznych;

³⁾ wartość współczynnika przenikania ciepła płyty z uwzględnieniem punktowego współczynnika przenikania ciepła.

nicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”. Kluczowy wpływ na termoizolacyjność płyt warstwowych ma rdzeń, który stanowi zazwyczaj styropian, wełna mineralna, polistyren ekstrudowany XPS, pianka poliuretanowa PUR/PIR lub pianka fenolowa PF. Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazują na potrzebę zastosowywania lepszego materiału izolacyjnego po 2017 r. lub stosowania większej grubości płyt w przegrodach zewnętrznych. Wymagania i metody obliczeń izolacyjności cieplnej płyt warstwowych w okładzinach metalowych z jedną okładziną perforowaną są podobne jak w przypadku płyt warstwowych w okładzinach pełnych metalowych. Specyfikę obliczeń omówiono i zaprezentowano na przykładach.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie Dz.U. poz. 926 z 13.08.2013 r.
- [2] PN-EN 14509:2010 Samonośne płyty warstwowe z rdzeniem z materiału termoizolacyjnego w obustronnej okładzinie z blachy – Wyroby produkowane fabrycznie – Właściwości.
- [3] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach – Strumienie cieplne i temperatury powierzchni – Obliczenia szczegółowe.
- [4] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i element budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [5] Opracowania badawcze ITB (2013-2015) w programie Bisco Physibel.
- [6] PN-EN ISO 10456:2009 Materiały i wyroby budowlane – Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabełacyjne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.

Przyjęto do druku: 28.09.2015 r.