

W tym wydaniu „Materiałów Budowlanych” Małopolskie Centrum Budownictwa Energooszczędne prezentuje drugą część artykułu dotyczącego porównania dostępnych na rynku izolacyjnych materiałów energooszczędnych pod kątem spełnienia wymagań normowych dotyczących izolacyjności cieplnej i akustycznej. W drugim artykule zostały zaprezentowane technologie wznoszenia nowoczesnych budynków z gliny. W obszarze ekologicznego budownictwa obserwuje się wzrost zainteresowania takimi ekologicznymi i energooszczędnymi metodami budownictwa.

dr inż. Małgorzata Fedorczak-Cisak – Dyrektor Małopolskiego Centrum Budownictwa Energooszczędne, Politechnika Krakowska

dr inż. Alicja Kowalska-Koczwara\*  
dr inż. Anna Romańska-Zapała\*\*

# Ocena możliwości spełnienia wymagań normowych dotyczących izolacyjności cieplnej i akustycznej przez stropy międzykondygnacyjne

*Assessment of possibilities to ensure standard requirements regarding thermal and acoustic insulation of the inter ceilings*

**Streszczenie.** Stropy składają się na ogół z trzech części: nośnej; podłogi i sufitu, przy czym podłoga i sufit stanowią części wykończeniowe stropu. W zależności od przeznaczenia stropy można podzielić na: międzykondygnacyjne, nad nieogrzewanymi powierzchniami (np. nad garażami); stropodachy i stropy nad przejazdami. W zależności od funkcji stropy muszą spełniać warunki izolacyjności cieplnej, przeciwwilgociowej i/lub akustycznej. W artykule skupiliśmy się na stropach międzykondygnacyjnych w domach energooszczędnych i możliwości spełnienia warunków normowych w zakresie izolacyjności cieplnej i akustycznej przy użyciu dostępnych na rynku materiałów izolacyjnych.

**Słowa kluczowe:** komfort cieplny, komfort akustyczny, komfort vibracyjny, jakość środowiska wewnętrznego, komfort użytkowania pomieszczeń.

**Abstract.** Ceilings consist essentially of three parts: supporting structure, floor and ceiling, but the floor and ceiling are the part of finishing components of the floor. Depending on destination the floors can be divided into: inter ceilings, floors above unheated surfaces (eg. the garages), roofs and ceilings over the crossing. Depending on function the ceilings must in turn satisfy the conditions of thermal, damp cavity and/or acoustic insulation. In this article, the authors focused their attention on the inter ceilings in energy saving homes and the ability to fulfill the standard conditions in terms of thermal and acoustic insulation using commercially available insulation materials.

**Keywords:** comfort, acoustic comfort, vibrational comfort, indoor environmental quality, comfort of rooms.

Obecnie wymagania ochrony cieplnej są zawarte w [1]. Zgodnie z pkt 4 Rozporządzenia [1] § 328 nakłada na budynek wymagania minimalne ochrony cieplnej z uwagi na:

- wartość wskaźnika EP [kWh/m<sup>2</sup>r.], określonego przez roczne obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną do ogrzewania, wentylacji, chłodzenia oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej,

\* Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej

\*\* Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

a w przypadku budynków użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego itp. również do oświetlenia wbudowanego;

- parametry izolacyjności cieplnej przegród oraz wyposażenia technicznego budynku. W tabeli 1 zestawiono za [1] wymagania izolacyjności cieplnej, jakie muszą i będą musiały spełnić przegrody poziome w kolejnych latach.

W polskich przepisach ochrony cieplnej nie ma specjalnych wymagań dotyczących stropów z systemem ogrzewania podłogowego. Zgodnie z przepisami niemieckimi, współczynnik przenikania ciepła izolacji termicz-

nej między ogrzewaniem podłogowym a środowiskiem o niższej temperaturze (powietrze zewnętrzne, grunt lub inne strefy budynku) nie powinien być mniejszy niż 0,45 W/m<sup>2</sup>K.

Informacje dotyczące aktualnych wymagań dotyczących ochrony przed hałasem są zawarte w normie [2]. Jej postanowienia stosuje się podczas projektowania, wznoszenia i przebudowy budynków mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych oraz budynków zbiorowego zamieszkania i użyteczności publicznej, z wyłączeniem obiektów, dla których wymagania dotyczące ochrony przed hałasem są podyktowane spe-

**Tabela 1. Wymagania izolacyjności cieplnej dotyczące stropów wg [1]**

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_c(\max)$ [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	od 1.01.2014 r.	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r.
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: a) przy $t_i \geq 16$ °C b) przy $8$ °C $\leq t_i < 16$ °C c) przy $t_i < 8$ °C	0,20 0,30 0,70	0,18 0,30 0,70	0,15 0,30 0,70
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi z zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi: a) przy $t_i \geq 16$ °C b) przy $8$ °C $\leq t_i < 16$ °C c) przy $t_i < 8$ °C	0,25 0,30 1,00	0,25 0,30 1,00	0,25 0,30 1,00
Stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi i stropy międzykondygnacyjne: a) przy $\Delta t_i \geq 8$ °C b) przy $\Delta t_i < 8$ °C c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	1,00 bez wymagań 0,25	1,00 bez wymagań 0,25	1,00 bez wymagań 0,25

cyjnymi względami użytkowymi, np. szkoły muzyczne, rozgłośnie, budynki teatralne i kinowe. Dźwięki, z którymi możemy spotkać się w naszych domach, można podzielić zgodnie z normą [3] na: powietrzne (przenoszone przez powietrze) i materiałowe (przenoszone przez materiały). Do oceny izolacyjności akustycznej przegrody w budynku służą wskaźniki charakteryzujące tę izolacyjność. W odniesieniu do stropów mamy do czynienia z dźwiękami powietrznymi i materiałowymi. Do oceny izolacyjności stropu od dźwięków powietrznych służy wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej  $R'_{A1}$  oraz wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów  $D_{nT,A1}$ . Wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A1}$  [dB] jest określany wzorem:

$$R'_{A1} = R'_w + C \quad (1)$$

gdzie:

$R'_w$  – ważony wskaźnik przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej [dB];  
C – widmowy wskaźnik adaptacyjny hałasu bytowego wewnętrznego występującego w budynku [dB].

Wskaźnik oceny wzorcowej różnicy poziomów  $D_{nT,A1}$  przyjmuje się w tych przypadkach, gdy przylegające pomieszczenia są przesunięte w stosunku do siebie tak, że wspólna część przegrody stanowi tylko fragment ściany lub stropu pomieszczenia lub jeżeli powierzchnia wspólnej części przegrody jest mniejsza niż 10 m<sup>2</sup>. Wskaźnik  $D_{nT,A1}$  wyrażony jest wzorem:

$$D_{nT,A1} = D_{nT,w} + C \quad (2)$$

gdzie:

$D_{nT,w}$  – ważony wskaźnik wzorcowej różnicy poziomów [dB].

Wśród dźwięków materiałowych odrębnić można tzw. dźwięki uderzeniowe. Wskaźnikiem charakteryzującym izolacyjność stropów od dźwięków uderzeniowych jest wskaźnik ważony poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego  $L'_{n,w}$ , który wyraża się wzorem:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} + K \quad (3)$$

gdzie:

$L_{n,w}$  – wskaźnik ważony, znormalizowanego poziomu uderzeniowego, wyznaczony w warunkach laboratoryjnych [dB],  
K – poprawka określająca wartość tzw. przenoszenia bocznego dla tej przegrody w budynku [dB].

Dopuszczalne wartości wskaźników izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych przyjmuje się zgodnie z normą [2] w zależności od rodzaju przegrody (np. strop, ściana zewnętrzna, ściana wewnętrzna itd.), typu zabudowy (np. budynki wielorodzinne, jednorodzinne, bliźniacze, szeregowe) oraz od przeznaczenia pomieszczenia (np. pomieszczenia mieszkalne, sanitarne, klatka schodowa, sala chorych w szpitalu itd.), np. dla stropu w pokoju wskaźnik izolacyjności akustycznej  $R'_{A1}$  powinien wynosić: min. 51 dB w budynkach wielorodzinnych i min. 45 dB w budynkach jednorodzinnych, natomiast wartość  $L'_{n,w}$  – maks. 58 dB w budynkach wielorodzinnych i maks. 63 dB w budynkach jednorodzinnych.

## Materiały termoizolacyjne do stropów międzykondygnacyjnych

Stosowane obecnie materiały termoizolacyjne powinny nie tylko spełniać wymagania dotyczące izolacyjności

cieplnej, ale także akustycznej i zapewniać odpowiednią jakość powietrza wewnętrznego.

Materiały izolacyjne pod kątem izolacyjności cieplnej opisane są za pomocą dwóch współczynników: współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda_D$  i oporu cieplnego  $R_D$ . Izolacyjność akustyczna opisywana przez producentów wskaźnikiem  $\Delta L_w$  jest ważnym wskaźnikiem zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogę pływającą. Wskaźnik ten określa wpływ podłogi pływającej z użyciem danego materiału izolacyjnego na poprawę właściwości akustycznych stropu konstrukcyjnego i określany jest wzorem [4]:

$$\Delta L_w = L_{n0} - L_n \quad (4)$$

gdzie:

$L_{n0}$  – poziom uderzeniowy znormalizowany stropu wzorcowego [dB],

$L_n$  – poziom uderzeniowy znormalizowany stropu wzorcowego wraz z podłogą [dB].

Obydwa poziomy uderzeniowe wyznacza się zgodnie ze wzorem [4]:

$$L_{n0,n} = L_1 + 10 \log(A/A_0) \quad (5)$$

gdzie:

$L_1$  – poziom średniego ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu odbiorczym (pod stropem) [dB],

A – chłonność akustyczna pomieszczenia odbiorczego [m<sup>2</sup>],

$A_0$  – chłonność akustyczna odniesienia = 10 m<sup>2</sup>.

Na masywnych stropach międzykondygnacyjnych stosuje się obecnie niemal wyłącznie podłogi pływające. Dzięki nim izolacyjność stropów na dźwięki uderzeniowe ulega znacznemu zwiększeniu. Wynika to głównie ze sprężystych właściwości materiału izolacji akustycznej, ułożonej pomiędzy stropem i warstwami wierzchnimi. Właściwości sprężyste izolacji akustycznej opisuje sztywność dynamiczna  $S_D$ . Parametr ten określa się następującym wzorem:

$$S_D = (F/S)/\Delta d \quad (6)$$

gdzie:

$S_D$  – sztywność dynamiczna [MN/m<sup>3</sup>];

F – siła dynamiczna działająca prostopadle na próbkę [N];

S – powierzchnia badanej próbki [m<sup>2</sup>];

$\Delta d$  – wynikowa zmiana dynamiczna grubości materiału [m].

Im mniejsza sztywność dynamiczna, tym lepsza izolacyjność akustyczna (por. np. [4]). Aby spełnić warunki normowe izolacyjności akustycznej na dźwięki uderzeniowe stosowanych obecnie typowych stropów masywnych, należy zmniejszyć poziom prze-

noszonych przez nie dźwięków przynajmniej o  $\Delta L_w = 25$  dB. Wymaga to zastosowania jako izolacji akustycznej w podłodze pływającej materiałów o sztywności dynamicznej nie większej niż  $30 \text{ MN/m}^3$ . W tabeli 2 zestawiono niektóre parametry izolacyjności cieplnej i akustycznej wybranych produktów dostępnych na polskim rynku.

Spośród wielu produktów izolacyjnych porównaliśmy te, które firmy reklamują jako izolację akustyczną stropów międzykondygnacyjnych. Do celów porównawczych wybrano materiały o identycznej grubości: 20; 30; 40 i 50 mm. Dane w tabeli 2 są wzięte ze stron internetowych firm. Widoczny jest w tym zestawieniu brak niektórych danych. Firmy podają bowiem tylko część parametrów związanych z izolacją akustyczną. Można jednak zauważyć, że producenci materiałów termoizolacyjnych zainteresowali się zmniejszeniem dźwięków uderzeniowych w stropach międzykondygnacyjnych, w których mają one większe znaczenie niż dźwięki powietrzne. Porównując poszczególne produkty ze sobą, stwierdzono, że wartości  $\Delta L_w$  są porównywalne (w tych przypadkach, w których w ogóle są podane). Widoczna jest natomiast różnica w war-

tościach sztywności dynamicznej produktów Termoorganiki, odstających w sposób wyraźny od konkurencji. Dziwi jednak fakt, że nie przekłada się to na wartość wskaźnika zmniejszenia dźwięków uderzeniowych  $\Delta L_w$ . Firma twierdzi, że podaje najniekorzystniejsze wartości sztywności dynamicznej otrzymane z testów. Przy założeniu, iż wartości sztywności dynamicznej nie powinny przekraczać  $30 \text{ MN/m}^3$ , aby mógł być uznawany za izolację akustyczną, produkt Termoorganiki spełnia te kryteria dopiero przy grubości elementu izolacyjnego 30 mm.

Wymagania dotyczące spełnienia izolacyjności cieplnej stropów zależą w istotny sposób od temperatury stref, które przylegają z obydwu stron do stropu. Przy różnicy temperatury  $\Delta t_i < 8 \text{ }^\circ\text{C}$  zastosowanie izolacji termicznej z uwagi na brak wymagań w [1] nie jest konieczne. Należy ją jednak zastosować z uwagi na inne kryteria komfortu użytkownika, takie jak izolacyjność akustyczna. W pozostałych przypadkach, przy różnicy temperatury stref przyległych do stropów  $\Delta t_i < 8 \text{ }^\circ\text{C}$  lub przy strefach oddzielających przestrzeń ogrzewaną od nieogrzewanej, wymagany poziom izolacyjności cieplnej można osiągnąć

przez dobór odpowiedniej grubości materiału termoizolacyjnego zależnej m.in. od współczynnika przewodności cieplnej  $\lambda$  [W/mK].

## Podsumowanie

Jednym z ważnych aspektów projektowania obiektów budowlanych, głównie mieszkalnych i użyteczności publicznej, jest zapewnienie spełnienia wymagań norm, w tym m.in. warunków związanych z izolacyjnością cieplną i akustyczną. W artykule dokonano przeglądu istniejących materiałów izolacyjnych pod kątem możliwości ich aplikacji jako izolacji akustycznej. W tym celu opisano i zestawiono parametry materiałowe izolacji odpowiedzialne z jednej strony za izolacyjność cieplną, a z drugiej za izolacyjność akustyczną przegród. Artykuł skupia się na wymaganiach stawianych stropom międzykondygnacyjnym i na parametrach, które decydują o izolacyjności szczególnie akustycznej. Przegląd istniejących na polskim rynku rozwiązań wskazuje, że firmy zajmujące się materiałami termoizolacyjnymi widzą potrzebę poszerzenia swojej oferty o materiały mogące spełniać kryteria normowe izolacyjności akustycznej stropów. Problemem są jednak, jak wynika z zestawienia, badania tej izolacyjności. Wskaźniki izolacyjności akustycznej są bowiem albo w ogóle niepodawane przez producentów, albo są podawane w sposób szacunkowy lub też ich wartości budzą wątpliwości. Artykuł sygnalizuje potrzebę szerszych badań nie tylko stropów z podłogami pływającymi, ale także innych rozwiązań w stropach międzykondygnacyjnych.

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [2] PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych – Wymagania.
- [3] PN-B-02153:2002 – Akustyka budowlana. Terminologia, symbole literowe i jednostki.
- [4] Tomczyk P.: Pomiar sztywności dynamicznej warstwy przeciwdrganiowej jako element oceny akustycznej podłóg pływających. Prace Instytutu Techniki Budowlanej – kwartalnik nr 4 (136) 2005, s. 53 – 65.

**Tabela 2. Parametry izolacyjności cieplnej i akustycznej wybranych produktów**

Produkt/ Parametr	Grubość [mm]	Płyty styropianowe Termoorganika	Płyty z wełny skalnej Paroc	Płyty styropianowe Austroterm	Płyty z wełny skalnej Rockwool	Płyty z wełny skalnej Isover	Perlit ekspandowany
$\lambda_D$ [W/mK]		0,05	0,035	0,045	0,035	0,040	0,041 – 0,043
$R_D$ [m <sup>2</sup> K/W]/ $/U$ [W/m <sup>2</sup> K]	20	0,68/1,46	0,85/1,17	0,73/1,37	0,85/1,17	0,78/1,28	0,77/1,30 – 0,75/1,34
	30	0,88/1,13	1,14/0,88	0,95/1,05	1,14/0,88	1,03/0,97	1,02/0,99 – 0,98/1,02
	40	1,08/0,92	1,43/0,70	1,17/0,85	1,43/0,70	1,28/0,78	1,26/0,79 – 1,21/0,82
	50	1,28/0,78	1,71/0,58	1,39/0,72	1,71/0,58	1,53/0,65	1,50/0,67 – 1,45/0,69
$\Delta L_w$ [dB]	20	29	–	–	–	–	chłonność akustyczna 10 – 92%
	30	32	–	–	–	–	
	40	33	–	28 – 30	–	–	
	50	34	30	–	–	–	
$S_D$ [MN/m <sup>3</sup> ]	20	40	22	20	25	–	–
	30	30	16	15	20	–	–
	40	20	14	10	12	–	–
	50	20	12	–	10	–	–

$R_D$  – wartość oporu cieplnego stropu. Założono 15 cm części konstrukcyjnej wykonanej z żelbetu oraz opór przejmowania ciepła  $R_{si} = 0,10$  [W/m<sup>2</sup>K] z obydwu stron przegrody