

PRZYCZYNY ZŁEJ IZOLACJI AKUSTYCZNEJ STROPÓW MIĘDZYPIETROWYCH W BUDOWNICTWIE MIESZKANIOWYM

Irena ICKIEWICZ*, Jerzy ICKIEWICZ**

* Politechnika Białostocka, Zakład Podstaw Budownictwa i Fizyki Budowli
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, e-mail: i.ickiewicz@pb.edu.pl

** Politechnika Białostocka, Katedra Budowy i Eksploatacji Maszyn
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, e-mail: j.ickiewicz@pb.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono najczęstsze przyczyny źle wykonanych izolacji akustycznych masywnych stropów np. płyt żelbetowych jak i lekkich stopów drewnianych w budynkach wielorodzinnych. Konsekwencją nieuwzględnienia przez projektanta zasad poprawnego zaprojektowania izolacji akustycznej stropu na przenikający hałas (odgłosy kroków, rozmowa itp.) jest niespełnienie wymagań normowych izolacyjności akustycznej stropów od dźwięków powietrznych jak i uderzeniowych. Dla wybranych budynków mieszkalnych zamieszczono wyniki pomiarów akustycznych jak i ich analizę. Wyniki pomiarów pochodzą z opinii technicznych wykonanych przez autorów artykułu. Zamieszczono również aktualne wymagania normowe jak i propozycje poprawnych rozwiązań.

Słowa kluczowe: fizyka budowli, akustyka, izolacja akustyczna stropów

1. WPROWADZENIE

Dźwięk jest zjawiskiem falowym spowodowanym drganiem cząstek ośrodka sprężystego, np. powietrza, ciała stałego, cieczy. Głównymi emiterami uciążliwych dźwięków przenikających do budynków są: środki transportu i komunikacji (hałas komunikacyjny), użytkownicy sąsiednich mieszkań (hałas bytowy) oraz hałas instalacyjny. Skala dźwięku jest skalą logarytmiczną i zmiana nawet o kilka decybeli ma znaczący wpływ na komfort akustyczny w pomieszczeniu (w bardzo szybkim czasie może przybrać formę hałasu).

Hałas i związane z nim wibracje zaliczane są aktualnie do najbardziej uciążliwych czynników zanieczyszczenia środowiska.

Aby chronić środowisko przed hałasem ustanowiono szereg ustaw (norm) mających na celu ograniczenie tego zjawiska.

Za nieprzestrzeganie tych przepisów określono kary, które obowiązują nie tylko w krajach UE.

2. ANALIZA PROPAGACJI HAŁASU BYTOWEGO

Każde ciało drgające w ośrodku sprężystym staje się źródłem energii akustycznej. Ilość tej energii wysyłanej przez źródło dźwięku w jednostce czasu, jest mocą akustyczną źródła P , której jednostką jest wat [W]

W praktyce stosuje się pojęcie poziomu natężenia dźwięku opisane zależnością:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \text{ [dB]} \quad (1)$$

gdzie:

I – natężenie dźwięku źródła [W/m²],

I_0 – natężenie dźwięku odniesienia;

($I_0 = 10^{-12}$ W/m²) [dB].

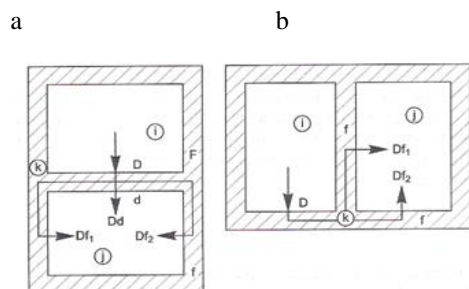
Fala akustyczna padająca na przegrodę pobudza ją do drgań, co powoduje dalsze przenoszenie dźwięku. W zależności od dróg rozprzestrzeniania się dźwięku, można je podzielić na:

- powietrzne, rozprzestrzeniające się w powietrzu,
- materiałowe (drgania i wstrząsy), rozprzestrzeniające się w konstrukcji budynku.

Szczególnym przypadkiem dźwięku materiałowego, **przenoszonego przez stropy, jest dźwięk uderzeniowy**, wywołany uderzeniem lub toczeniem przedmiotów.

Dźwięki uderzeniowe, podobnie jak powietrzne, rozprzestrzeniają się drogą bezpośrednią przez strop lub drogami

pośrednimi. Schemat przenoszenia dźwięków przez przegrody budowlane, pokazano na rysunku 1[1].



Rys.1. Schemat przenoszenia dźwięków przez przegrody budowlane: a) przenoszenie dźwięków uderzeniowych – transmisja dźwięku pionowa, b) przenoszenie dźwięków uderzeniowych – transmisja dźwięku pozioma; Dd – droga bezpośrednia, Df – materiałowe drogi boczne, D – przegroda działowa w pomieszczeniu nadawczym, d – przegroda działowa po stronie odbiorczej, F – przegroda boczna w pomieszczeniu nadawczym, f – przegroda boczna w pomieszczeniu odbiorczym, i – pomieszczenie nadawcze, j – pomieszczenie odbiorcze, k – węzeł między przegrodami działową i boczną.

Fig.1. Diagram showing noise transmission through walls and ceilings: a) impact sounds – vertical transmission, b) impact sounds – horizontal transmission; Dd – direct path, Df – lateral paths in the material, D – partition structure in the transmission room d – partition structure on the receiving side, F – wall barrier, f – lateral barrier in the receiving room, i – transmission room, j – receiving room, k – node between the partition structure and lateral barrier.

Oceniając możliwości izolacyjne wybranych przegród, niejednokrotnie jest bardzo trudno szybko ocenić, które z nich są lepsze pod względem akustycznym. Prawo masy, czyli im cięższy materiał, tym lepsza akustyka, sprawdza się tylko (nie zawsze do końca) w przypadku przegród masywnych jednorodnych. W przypadku przegród warstwowych nie jest to zależność wprost proporcjonalna.

W przypadku przegrody złożonej ważne jest, aby tak dobrać materiały, aby przy zachowaniu różnej masy powierzchniowej nie dochodziło do rezonansu, który wyłączałby zdolności izolacyjne jednej z warstw. Istotnym elementem jest także sam materiał. Przykładowo styropian, jako materiał sztywniejszy nie posiada tak dobrych właściwości tłumiących jak wełna mineralna.

Innym rozwiązaniem stosowanym w ograniczeniu propagacji niekorzystnych dźwięków może być stosowanie podkładek z mat wibroizolacyjnych, **które doskonale nadają się do stropów drewnianych.**

Istotne jest, aby projektant i wykonawca podczas procesu inwestycyjnego rozpatrywał izolacyjność akustyczną, jako całość a nie analizował tylko poszczególne przegrody.

2.1. Określenie izolacyjności akustycznej przegrody

Miarą izolacyjności akustycznej przegrody, jest izolacyjność akustyczna właściwa R wyrażana wzorem (2) (pomiar laboratoryjne):

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2}, [dB] \quad (2)$$

gdzie:

W_1 – moc padająca na przegrodę po stronie nadawczej, [W],

W_2 – moc przeniesiona przez przegrodę na stronę odbiorczą, [W].

W przypadku pomiarów terenowych - bezpośrednio w budynku – izolacyjność akustyczna właściwa przybliżona R' wyrażona wzorem (3):

$$R' = 10 \lg \frac{W_1}{W_2 + W_3}, [dB] \quad (3)$$

gdzie:

W_1 – moc akustyczna padająca na przegrodę [W],

W_2 – moc akustyczna przenoszona przez przegrodę [W],

W_3 – moc akustyczna przenoszona przez elementy boczne lub inne elementy [W].

Izolacyjność akustyczna właściwa przybliżona zawsze jest niższa od R, ponieważ zawsze pomiar jest z **udziałem przenoszenia bocznego** R' .

Ograniczenie rozprzestrzeniania się dźwięków uderzeniowych w budynku wymaga zastosowania odpowiednich izolacji zmniejszających pobudzenie materiałowe konstrukcji u źródła i ograniczających rozprzestrzenianie się dźwięków materiałowych po konstrukcji. W takim przypadku konieczne jest odizolowanie powierzchni podłóg na styku ze ścianami pomieszczenia (tzw. pływające podłogi).

Podczas projektowania przegród, a zwłaszcza styku stropu ze ścianą należy zwrócić uwagę (podobnie jak przy dźwiękach powietrznych) na poprawne zaprojektowanie takiego styku ze względu na przenoszenie boczne dźwięków uderzeniowych.

Uzyskanie normowej izolacyjności stropu od dźwięków uderzeniowych zawsze wymaga zastosowania na stropach podłóg z izolacją akustyczną. Metody obliczenia podane są w normie PN-EN 12354-2, [6] oraz Instrukcji ITB nr 463/2011 [2].

Izolacyjność akustyczna od dźwięków uderzeniowych, określana jest za pomocą wartości poziomu uderzeniowego, występującego w pomieszczeniu pod stropem, w czasie pracy znormalizowanego stukacza, wytwarzającego dźwięki uderzeniowe. Im mniejsza wartość poziomu uderzeniowego, tym lepsza jest zdolność stropu do ograniczenia przenoszenia dźwięku.

Pierwszym parametrem charakteryzującym izolacyjność akustyczną stropu, jest określany w warunkach laboratoryjnych, przy braku przenoszenia bocznego, poziom uderzeniowy znormalizowany:

$$L_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0}, [dB] \quad (4)$$

gdzie:

L_i – poziom średniego ciśnienia w pomieszczeniu odbiorczym, [dB],

A – powierzchnia dźwiękochłonna w pomieszczeniu odbiorczym, [m²],

A_0 – chłonność akustyczna odniesienia, [m²].

Gdy zostanie uwzględnione przenoszenie dźwięku drogami bocznymi izolacyjność akustyczną stropu wyraża poziom uderzeniowy przybliżony znormalizowany L'_n .

Opisane parametry służą określeniu ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$. Jest to wskaźnik, za pomocą, którego opisano wymagania normowe izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych, który oblicza się ze wzoru:

$$L'_{n,w} = L_n + K, [dB] \quad (5)$$

gdzie:

K – poprawka zależna od masy powierzchniowej stropu, wynikającej z bocznego przenoszenia dźwięku między pomieszczeniami rozdzielonymi stropem, wartości zamieszczone w [6].

3. POMIARY – WYNIKI, ANALIZA

Pomiary wykonano za pomocą miernika poziomu dźwięku DSA-50 i stukacza wzorcowego SM-1. Przykładowe wartości jednoliczbowych ważonych wskaźników poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$, zmierzone i obliczone dla stropu żelbetowego kanałowego przedstawiono na rys. 3, dla stropu drewnianego na rys. 4.

3.1. Opis techniczny przedmiotowych stropów

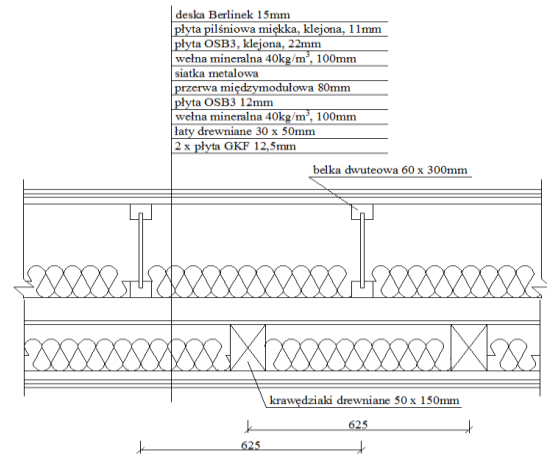
Strop żelbetowy w budynku wielorodzinnym wykonany metodą tradycyjną składał się z następujących warstw:

- płyty kanałowej żelbetowej gr. 24 cm,
- styropianu EPS 100 2 cm (kondygnacja IV/V) i bez styropianu – pozostałe stropy
- wylewki betonowa gr. 4 cm,
- warstwy wykończeniowej - panele podłogowe, w kuchni i częściowo w salonie - płytki terakotowe.

Całkowita grubość stropu wynosiła ~31 cm.

Strop w budynku drewnianym 5-cio kondygnacyjnym wykonany metodą szkieletową przedstawiono na rys. 2

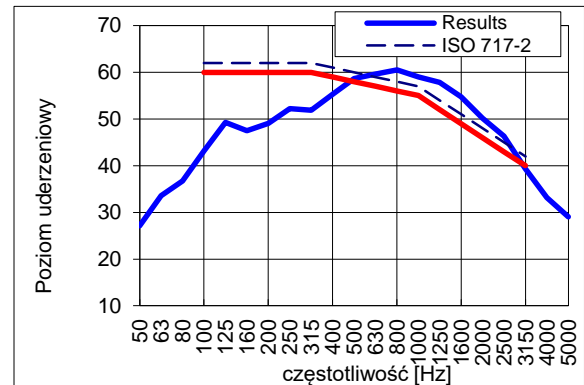
Całkowita grubość stropu wynosiła 36,5cm.



Rys. 2. Strop drewniany.
Fig.2. Wooden ceiling.

3.2. Wyniki

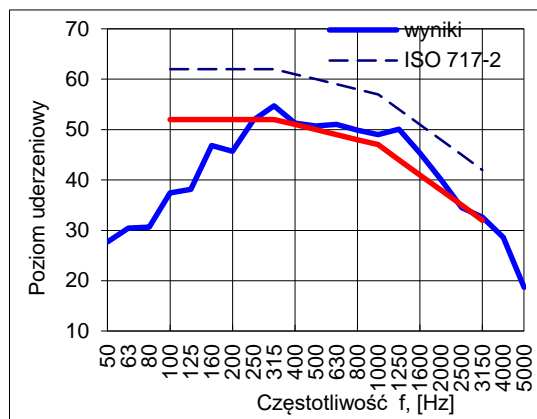
W analizowanym budynku 5-kondygnacyjnym izolacyjność akustyczna od dźwięków uderzeniowych, stropów żelbetowych między IV i V kondygnacją, nie spełniała wymagań normowych [3,5]. Wykres poniżej.



Rys.3. Wyniki pomiarów terenowych stropu żelbetowego kanałowego od dźwięków uderzeniowych $L'_{n,w}$ (C1) = 64 dB, $L'_{n,w} = 58$ dB, $L'_{n,w}$ dop - ważony wskaźnik poziomu znormalizowanego dopuszczalnego), wg PN nie spełnia wymagań.

Fig.3. On-site measurement results on impact noise reduction in hollow reinforced concrete ceiling $L'_{n,w}$ (C1) = 64 dB, $L'_{n,w} = 58$ dB ($L'_{n,w}$ dop weighted index of standardised permissible level) according to the Polish Construction Standard not meeting the requirements.

Dla stropu drewnianego równoważny poziom uderzeniowy $L'_{n,w}$, odczytany dla wartości 500 Hz z przesuniętej krzywej odniesienia, wynosi $L'_{n,w} = 50$ dB, co nie przekracza maksymalnej wartości poziomu uderzeniowego określonej w normie $L'_{n,w}$ max = 58 dB. Zgodnie z wymaganiami [3, 5] analizowany strop drewniany spełnia wymagania izolacyjności od dźwięków uderzeniowych, rys.4.



Rys.4. Wyniki pomiarów terenowych stropu drewnianego od dźwięków uderzeniowych.

Fig.4. On-site measurement results on impact noise reduction in wooden ceiling (meeting the requirements)

3.3. Analiza - stropy kanałowe (gęstożebrowe)

Popularne w Polsce stropy kanałowe są stosunkowo grube. Strop ze wszystkimi warstwami ma 25÷35 cm grubości, jednak ze względu na niewypełnione kanały, konstrukcja takich stropów jest stosunkowo lekka (<350 kg/m²). Aby tego typu konstrukcje spełniały wymagania normowe dotyczące dźwięków uderzeniowych, na wszystkich stropach międzykondygnacyjnych powinny być zastosowane podłogi pływające (przenoszenie boczne) z dodatkową izolacją akustyczną w postaci np. elastycznych płyt styropianowych o właściwościach tłumiących dźwięki o grubości co najmniej 27 mm. Niestety w Analizowanym przypadku brak było tego typu rozwiązań [7].

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów terenowych izolacyjności akustycznej stropów międzykondygnacyjnych od dźwięków uderzeniowych. Pomiaru sporządzono w budynkach mieszkalnych ze stropami;

- żelbetowymi wykonanymi w technologii kanałowej,
- drewnianymi z izolacją akustyczną z wełny mineralnej

W przypadku stropów kanałowych otrzymane wartości wskaźnika izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych w żadnym z pomieszczeń nie spełniało wymagań normowych (w przedstawionym przykładzie $L'_{n,w} (C1) = 64$ dB, $L'_{n,w dop} = 58$ dB wg PN)

Przyczyną niespełnienia wymagań był brak izolacji akustycznej na wszystkich kondygnacjach. Wprawdzie na dwu ostatnich kondygnacjach IV/V, położono 2 cm warstwę styropianu EPS 100, który posiada słabą izolacyjność akustyczną. Do izolacji akustycznej należałoby zastosować elastyczne płyty styropianowe (np. Superakustic) Nie wykonano również pływającej podłogi.

Stropy drewniane spełniały wymagania normowe dzięki zastosowanym w nich rozwiązaniom, głównie poprzez zastosowanie 2 x 100 mm wełny mineralnej w układzie, jaki pokazano na rysunku 2.

Niestety również (a może przede wszystkim) w większości przypadków jest problem z poprawnie zaprojektowaną, a następnie wykonaną izolacją akustyczną stropów drewnianych. Przedstawiony przykład jest jednym z nielicznych gdzie takie wymagania zostały spełnione.

REASONS FOR POORLY-INSTALLED ACOUSTIC INSULATION OF INTERMEDIATE FLOORS IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Summary: The present article describes the most common reasons for poorly-installed acoustic insulation of both heavy reinforced concrete ceilings and light wooden ceilings in multi-family buildings. Not meeting the standards regarding the acoustic insulation of ceilings from airborne or impact sounds is the consequence of not taking into consideration the principles of proper planning of acoustic insulation of ceilings from noise transmission (footsteps, conversations, etc.) by designers. The article also includes the results of acoustic measurements (from technological evaluations performed by the authors) and their analysis for selected residential buildings. It also includes the current standard requirements as well as proposals for correct solutions.

Literatura

- [1] Ickiewicz I., Ickiewicz J.: Badania izolacyjności akustycznej przegród budowlanych w budownictwie drewnianym. Projekt współfinansowany ze środków UE. Politechnika Białostocka 2015.
- [2] Instrukcje, Wytyczne, Poradniki nr 448/2009. Właściwości dźwiękoizolacyjne stropów oraz zasady doboru podłóg z uwagi na izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropów masywnych. ITB Warszawa 2011
- [3] PN-B-02151-3:1999 Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych
- [4] PN –EN ISO 717 – 1:2013 -OBE2/A – Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budynku. Część 1.
- [5] PN –EN ISO 717 2/A– Akustyka. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach oraz izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.
- [6] PN-EN 12354-2 – Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynku na podstawie właściwości elementów. Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami.
- [7] Szudrowicz B.: Ocena izolacyjności akustycznej stosowanych w Polsce wyrobów do przegród wewnętrznych w świetle badań ITB, kwartalnik 3 (127) 2003.