

TERENOWE BADANIA POZIOMU DŹWIĘKÓW UDERZENIOWYCH PRZENIKAJĄCYCH Z POMIESZCZEŃ KOMUNIKACJI OGÓLNEJ

Leszek DULAK*, Rafał ŻUCHOWSKI

*Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: leszek.dulak@polsl.pl; rafal.zuchowski@polsl.pl*

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki pomiarów terenowych dotyczących poziomu dźwięków uderzeniowych przenikających do pomieszczeń mieszkalnych z pomieszczeń komunikacji ogólnej (podestów i biegów schodowych). Badania dotyczą wybranych układów pomieszczeń w budynkach wielorodzinnych i obejmują konstrukcję schodów wykonanych bez użycia elementów dźwiękoizolacyjnych oraz przypadek, w którym zastosowano takie rozwiązania. Na podstawie porównania uzyskanych wyników podjęto próbę oceny skuteczności rozwiązań wibroakustycznych oraz wpływu jakości robót wykończeniowych na stopień realizacji ochrony przed hałasem w pomieszczeniach mieszkalnych.

Słowa kluczowe: akustyka budowlana, poziom uderzeniowy znormalizowany, dźwięki uderzeniowe, klatki schodowe.

1. WPROWADZENIE

Wymagania dotyczące ochrony przed hałasem wynikają z zapisów Ustawy Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. Dz. U. Nr 49, poz. 414 [1]. Obiekty budowlane należy projektować i budować zapewniając spełnienie podstawowych wymagań. Jednym z siedmiu wymagań podstawowych jest „ochrona przed hałasem”. Rodzaj przegród i elementów podlegających weryfikacji akustycznej określony został w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]:

- ściany zewnętrzne, stropodachy, ściany wewnętrzne, okna w przegrodach zewnętrznych i wewnętrznych oraz drzwi w przegrodach wewnętrznych — od dźwięków powietrznych,
 - stropy i podłogi — od dźwięków powietrznych i uderzeniowych,
 - podesty i biegi klatek schodowych w obrębie lokali mieszkalnych — od dźwięków uderzeniowych.
- W załączniku 1 do rozporządzenia przywołane zostały

normy zawierające wymagania w postaci wartości odpowiednich wskaźników akustycznych. Przywołane zostały także normy zawierające procedury pomiarowe dotyczące wyznaczenia parametrów dźwiękoizolacyjnych w budynku. Zgodnie z normą [3], izolacyjność akustyczną od dźwięków uderzeniowych wyraża się za pomocą wskaźnika przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$. Wskaźnik ten wyznaczany jest przy uwzględnieniu bocznego przenoszenia dźwięku. Wymagania dotyczące przegród wewnętrznych pomiędzy wybranymi pomieszczeniami w budynku mieszkalnym, zestawiono w tablicy, której fragment pokazano poniżej.

Tabela 1. Fragment tablicy dotyczącej wymaganej izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych w budynku mieszkalnym wielorodzinnym [3].

Table 1. The excerpt of the table on required sound insulation of internal partitions in residential building [3].

Lp.	Funkcje pomieszczeń rozdzielonych przegrodą		Wymagane wartości wskaźników, w dB
			stropy $L'_{n,w}$ max
1	2		4
2	wszystkie pomieszczenia mieszkania	korytarz, klatka schodowa	53 ⁴⁾

⁴⁾ Wymaganie dotyczy budynków o układzie korytarzowym; wskaźnik $L'_{n,w}$ dotyczy poziomu dźwięków uderzeniowych przenikających z ogólnego korytarza budynku do mieszkań w kierunku poziomym i ukośnym.

Jak widać na podstawie tablicy 2, przedstawione w normie [3] wymagania nie odpowiadają ściśle wymaganiom przedstawionym w rozporządzeniu [2], ponieważ zapis nie

* Autor korespondencyjny, e-mail: leszek.dulak@polsl.pl

uwzględnia podestu i biegu schodowego. W tej sytuacji wydaje się uzasadnione przyjęcie wymagań jak dla układu korytarzowego i co za tym idzie maksymalnej wartości wskaźnika $L'_{n,w} = 53$ dB. W najbliższym czasie należy spodziewać się nowelizacji rozporządzenia [2] i aktualizacji spisu norm. Norma PN-B-02151-03:1999 [3] zastąpiona zostanie wówczas normą PN-B-02151-3:2015-10 [4]. Niestety również w znowelizowanej wersji normy wymagania nie są przedstawione w sposób jednoznaczny. Brak mianowicie ograniczenia dla transmisji dźwięków z biegów schodowych a wartość $L'_{n,w} \leq 55$ dB dotyczy wyłącznie kierunku do mieszkania z korytarza, holu lub podestu. Rozwiązaniem w tym przypadku wydaje się przyjęcie wymagań z normy, jako obligatoryjnych również dla biegów schodowych.

2. METODYKA POMIARU

W celu określenia stopnia spełnienia wymagań ochrony przed hałasem przenikającym do pomieszczeń mieszkalnych z pomieszczeń komunikacji ogólnej w zakresie dźwięków uderzeniowych, konieczne jest określenie przybliżonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego L'_n . W celu porównania wyznaczonych wartości wskaźnika z wymaganiami normowymi oraz ze względu na ograniczone wymiary pomieszczeń odbiorczych pomiary wykonano w podstawowym zakresie częstotliwości $100 \div 3150$ Hz. Zgodnie z przywołanym w załączniku 1 do rozporządzenia [2] spisem norm w celu określenia na drodze pomiarów terenowych, izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych elementów budowlanych i izolacyjności akustycznej w budynkach należy stosować metodykę przedstawioną w normie [5]. Przybliżony poziom uderzeniowy znormalizowany definiowany jest jak niżej.

$$L'_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \text{ dB} \quad (1)$$

gdzie:

L_i – poziom średniego ciśnienia akustycznego w paśmie 1/3-oktawowym panującym w pomieszczeniu odbiorczym podczas pobudzania badanej przegrody lub elementu normowym źródłem dźwięku uderzeniowego, dB

A – równoważna powierzchnia dźwiękochłonna pomieszczenia odbiorczego, m^2

A_0 – powierzchnia dźwiękochłonna odniesienia, w przypadku mieszkań $A_0 = 10 \text{ m}^2$.

Poziom średniego ciśnienia akustycznego L_i obliczono zgodnie z wzorem (2).

$$L_i = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_j}{10}} \right) \text{ dB} \quad (2)$$

gdzie:

L_j – wartości poziomu ciśnienia akustycznego $L_i \div L_n$ w różnych punktach pomiarowych.

Pomiary dla każdego z elementów konstrukcji schodów wykonano, ustawiając każdorazowo stukacz młotkowy w 4 pozycjach. Pomiar poziomu uderzeniowego wykonano za pomocą zestawu 3 mikrofonów przestawianych tak, aby liczba punktów pomiarowych wynosiła 6. Liczba kombinacji pomiarowych dla każdej sytuacji wynosiła 12. Czas pogłosu w pomieszczeniu odbiorczym wyznaczono wykorzystując metodę szumu przerywanego w oparciu o zalecenia normy [6]. Wymiary pomieszczenia pozwalały na zastosowanie wymagań jak dla „metody technicznej”. Wszystkie pomiary przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normy [5].

3. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

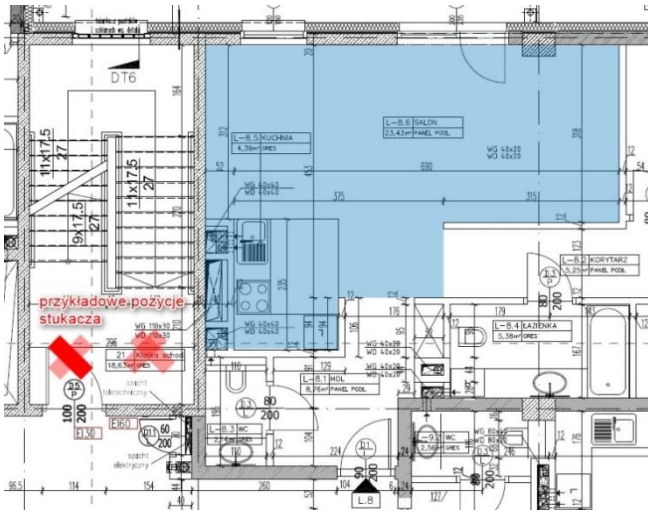
Badania terenowe przeprowadzone zostały w dwóch budynkach mieszkalnym wielorodzinnych. Ich celem było określenie poziomu dźwięków uderzeniowych przenikających z pomieszczeń komunikacji ogólnej (podestów i biegów schodowych) do pomieszczeń mieszkalnych.

Tabela 2. Zestawienie elementów poddanych badaniom w budynku nr 1 i nr 2.

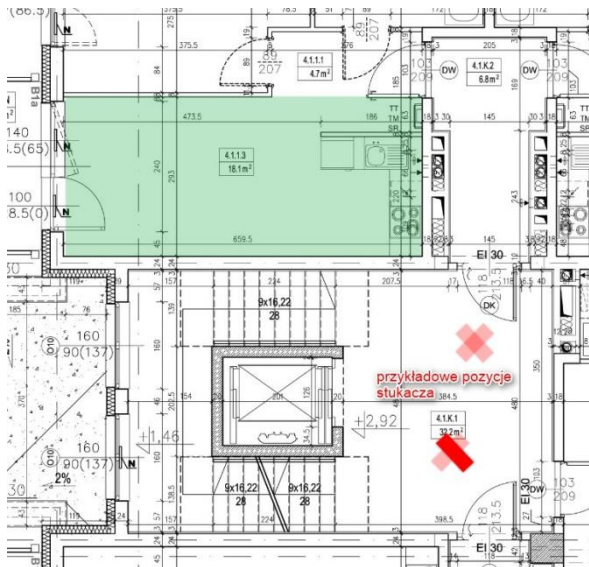
Table 2. Summary of tested elements in buildings 1 and 2

L.p.	Element budowlany	budynek nr 1	budynek nr 2
1.	podest piętrowy	<ul style="list-style-type: none"> – płytki gresowe – monolityczny żelbetowy gr. 20 cm – tynk 	<ul style="list-style-type: none"> – płytki ceramiczne – jastrzych cem. 5 cm – folia PE – pianka 1 cm – EPS 2 x 3 cm – strop żelbetowy 20 cm – tynk
2.	bieg schodowy	<ul style="list-style-type: none"> – płytki gresowe – bieg monolityczny żelbetowy, gr. płyty 20 cm – tynk 	<ul style="list-style-type: none"> – płytki ceramiczne – bieg schodowy monolityczny żelbetowy 18 cm – tynk
3.	podest pośredni	<ul style="list-style-type: none"> – płytki gresowe – podest monolityczny żelbetowy gr. 20 cm – tynk 	<ul style="list-style-type: none"> – płytki gresowe – płyta żelbetowa 15 cm + systemowe elementy wibroakustyczne – tynk

Powyżej w tabeli 2 pokazano różnice w sposobie wykonania schodów z punktu widzenia realizacji ochrony wibroakustycznej. W budynku nr 1 nie zastosowano żadnych elementów dźwiękoizolacyjnych. W budynku nr 2 na podeście piętrowym wykonano podłogę pływającą natomiast na podeście pośrednim użyto systemowych rozwiązań wibroakustycznych, zarówno przy zamocowaniu spocznika do ściany jak i biegu schodowego. Na rysunku 1 i 2 pokazano usytuowanie pomieszczeń odbiorczych w stosunku do klatki schodowej. Oba pomieszczenia sąsiadowały bezpośrednio z biegiem jak i podestami schodowymi.



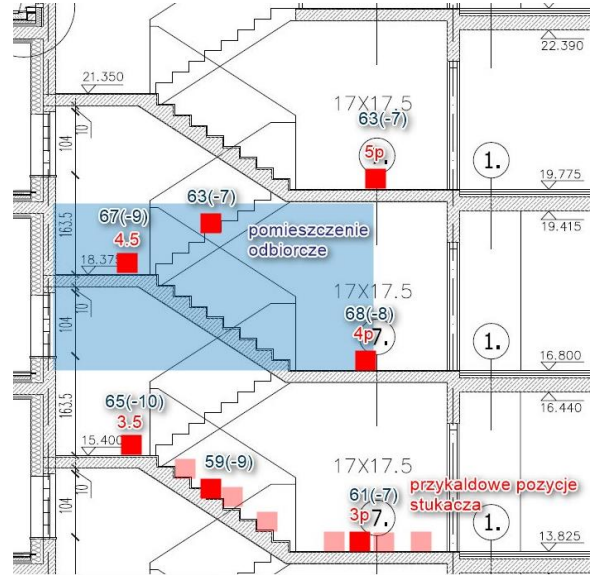
Rys. 1. Pomieszczenie odbiorcze w budynku nr 1.
Fig. 1. Receiving room in Building 1.



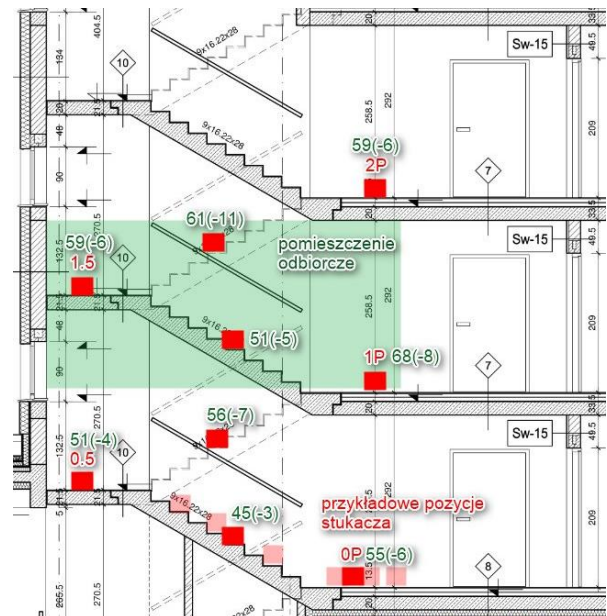
Rys. 2. Pomieszczenie odbiorcze w budynku nr 2.
Fig. 2. Receiving room in Building 2.

4. WYNIKI POMIARÓW

Na rysunku 3 i 4 pokazano wyniki pomiarów w postaci wartości jednolicebowych wskaźników $L'_{n,w}$. W nawiasach podano wartości widmowego wskaźnika adaptacyjnego C_1 obliczonego zgodnie z normą [7] dla zakresu częstotliwości 100÷2500 Hz. Wartości wskaźnika $L'_{n,w}$ (C_1) obliczone dla zakresu częstotliwości 100÷3150 Hz zaznaczono na przekroju budynku przypisując wartości do odpowiadających im ustawień stukacza młotkowego.



Rys. 3. Wartości wskaźnika $L'_{n,w}$ (C_1) w budynku nr 1.
Fig. 3. $L'_{n,w}$ (C_1) values in Building 1.



Rys. 4. Wartości wskaźnika $L'_{n,w}$ (C_1) w budynku nr 2.
Fig. 4. $L'_{n,w}$ (C_1) values in Building 2.

5. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

Dla obu przypadków najwyższe wartości wskaźnika $L'_{n,w}$ wyznaczono dla usytuowania stukacza na podeście głównym i wyniosły one tyle samo (68 dB). O ile w przypadku budynku nr 1 wysoka wartość wskaźnika nie powinna dziwić o tyle w przypadku budynku nr 2 powyższy wynik zastanawia ponieważ na podeście głównym zastosowano podłogę pływającą. Przyczyną powyższego było najprawdopodobniej nieprawidłowe wykonanie warstwy wierzchniej w postaci płytek. Prawidłowe rozwiązanie powinno polegać na wykonaniu obwodowej fugi z silikonu nie tylko na grubości płytek ale także na grubości warstwy kleju. Fuga wykonana powinna zostać ze szczególną uwagą, tak aby nie zabrudzić dylatacji i nie utworzyć łącznika mechanicznego przenoszącego drgania. W przypadku budynku bez wibroizolacji podobną wartość $L'_{n,w}$ uzyskano dla podestu pośredniego (67 dB). W przypadku budynku nr 2 dla analogicznego układu wartość ta była o 8 dB niższa i wyniosła 59 dB. Obniżenie wartości wskaźnika wynika zapewne z zastosowania systemowych rozwiązań akustycznych przy zamocowaniu spocznika do ściany klatki schodowej. Efekt nie jest satysfakcjonujący ze względu na popełnione błędy wykonawcze analogiczne do tych z podestu głównego. Dodatkowo w budynku 2 systemową dylatację pomiędzy podestem i ścianą zastąpiono rozwiązaniem alternatywnym. W obu budynkach brak było dylatacji pomiędzy biegiem i ścianą klatki schodowej. Skutkuje to wysoką transmisją dźwięków. Wskaźnik przybliżonego poziomu uderzeniowego dla sytuacji pomiarowej ze stukaczem usytuowanym na biegu przylegającym do analizowanych pomieszczeń wyniósł odpowiednio 63 i 61 dB.

6. WNIOSKI

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzić należy, że nie ma możliwości spełnienia wymagań normowych bez prawidłowego wykonania warstwy wierzchniej. Dotyczy to zarówno wartości maksymalnej podanej w normie PN-B-02151-03:1999 [3] $L'_{n,w} \leq 53$ dB, jak i nieco bardziej liberalnego wymagania z normy po nowelizacji PN-B-02151-3:2015-10 [4] $L'_{n,w} \leq 55$ dB. Niezależnie od popełnionych błędów wykonawczych zauważyć należy, że „zasięg” dźwięków uderzeniowych w przypadku budynku nr 2 w którym zastosowano systemowe rozwiązania wibroizolacyjne jest znacznie mniejszy niż w budynku nr 1. Przykładowo wartość wskaźnika dla pozycji stukacza na podeście głównym usytuowanym kondygnację poniżej pomieszczenia odbiorczego jest niższa o 6 dB (61 dB i 55 dB) a dla pozycji stukacza na biegu schodowym zlokalizowanym półtora kondygnacji poniżej jest niższy aż o 14 dB (59 dB i 45 dB).

FIELD MEASUREMENT OF IMPACT SOUND INSULATION OF STAIRCASE

Summary: The article presents the results of field measurements of impact sound insulation of staircase in residential buildings. The authors compared the results of $L'_{n,w}$ in the stairs with the sound insulation system and the results for stairs without acoustic elements. The authors attempted to evaluate the impact of executive defects on acoustic insulation.

Literatura

- [1] Dz. U. 1994 Nr. 89, poz. 414 Ustawa Prawo Budowlane z 7 lipca 1994 r. wraz z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz.U. 2013 nr 0 poz. 1409).
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz. U. Nr 75, poz. 690]. Wraz z późniejszymi zmianami.
- [3] PN-B-02151-03:1999 Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.
- [4] PN-B-02151-3:2015-10 Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.
- [5] PN-EN ISO 140-7:2000 Akustyka – Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Pomiar terenowe izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów.
- [6] PN-EN ISO 3382-2:2010 - Akustyka -- Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń - Część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach.
- [7] PN-EN ISO 717-2:2013 Akustyka - Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.

Finansowanie pracy, Badania Katedralne Katedry Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej na rok 2017.