

REDUKCJA TRANSMISJI DŹWIĘKÓW UDERZENIOWYCH MIĘDZY POMIESZCZENIAMI POPRZEZ ZASTOSOWANIE PODŁOGI PŁYWAJĄCEJ

Leszek DULAK^{*}, Michała MARCHACZ^{**},
Artur NOWOŚWIAT^{***}, Rafał ŻUCHOWSKI^{****}

^{*} Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: leszek.dulak@polsl.pl

^{**} Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: michal.marchacz@polsl.pl

^{***} Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: artur.nowoswiat@polsl.pl

^{****} Politechnika Śląska, Katedra Procesów Budowlanych
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: rafal.zuchowski@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki pomiarów laboratoryjnych tłumienia dźwięków uderzeniowych przez podłogi na masowym stropie wzorcowym. Podłogi różniły się użytym materiałem sprężystym. Zastosowano najpopularniejsze na rynku materiały w postaci wełny mineralnej oraz styropianu. Przedstawiono także wyniki obliczeń prognozowanej izolacyjności od dźwięków uderzeniowych w przykładowym budynku dla wybranych stropów z zbadanymi w laboratorium podłogami.

Słowa kluczowe: akustyka budowlana, izolacyjność od dźwięków uderzeniowych, ważony wskaźniki zmniejszenia poziomu uderzeniowego znormalizowanego.

1. WSTĘP

Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej pomiędzy pomieszczeniami w budynkach sprecyzowane są poprzez obowiązujące ustawodawstwo oraz przywołane w rozporządzeniu normatywy. Pomimo tego, codzienna praktyka wskazuje na częste problemy dotyczące odpowiedniego komfortu akustycznego w budynkach. Sytuacja ta szczególnie boleśnie odczuwana jest przez ludzi w miejscu ich zamieszkania, gdzie zgodnie z obowiązującym ustawodawstwem, hałas oraz drgania, powinny być ograniczone tak, aby nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz umożliwiały odpoczynek i sen w zadowalających warunkach. Negatywna ocena izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami dotyczy niestety także obiektów nowo wznoszonych. Szczególnie krytycznie oceniana przez użytkowników lokali mieszkalnych jest izolacyjność od dźwięków powietrznych ścian między-

mieszkaniowych oraz izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów [1]. W niniejszej pracy postanowiono poddać kontroli, poprzez badania laboratoryjne, najpopularniejsze na krajowym rynku budowlanym rozwiązania podłóg pływających. Następnie dla przykładowych ścian bocznych i stropu z podłogą, pływającą analogiczną do rozwiązań zbadanych w laboratorium, obliczono prognozowaną wartość ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego. Otrzymane wyniki porównano z wymaganiami normowymi [2].

2. BADANIA LABORATORYJNE

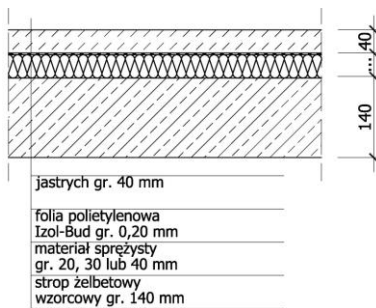
Celem wyznaczenia parametrów akustycznych charakteryzujących izolacyjność od dźwięków uderzeniowych podłóg pływających, próbki montowane były kolejno na stropie wzorcowym w komorze nadawczej. Próbki miały wymiary 340 x 335 cm. Dla próbek o numerach rozpoczynających się od cyfry 2 i 3, badania przeprowadzono z dodatkowym obciążeniem symulującym umeblowanie. Na podłodze ustawiano 8 odważników o masie 28 kg każdy. Pomiar poziomu uderzeniowego wykonano dla 4 różnych pozycji stukacza. Każdej pozycji stukacza odpowiadały 4 pozycje ustawienia mikrofonu w komorze odbiorczej. Ustawienia stukacza i mikrofonu odpowiadały wytycznym dla materiałów kategorii II podanym w normie [4]. Na rys. 1 pokazano przykładową próbkę podłogi pływającej zamontowanej w komorze nadawczej. Znormalizowany poziom uderzeniowy L_{n0} wyznaczono dla stropu znormalizowanego bez podłogi a następnie dla

każdej z próbek wyznaczono kolejno znormalizowany poziom uderzeniowy L_n , oraz zmniejszenie poziomu uderzeniowego ΔL .



Rys. 1. Komora nadawcza z zamontowaną podłogą pływającą.
Fig. 1. Broadcasting room with floor coverings.

Badania tłumienia dźwięków uderzeniowych przez podłogi na masywnym stropie wzorcowym przeprowadzono dla podłóg różniących się między sobą rodzajem materiału sprężystego oraz jego grubością. Przebadano podłogi z warstwą sprężystą o grubości: 20mm, 30mm i 40mm. Pomiary wykonywano każdorazowo po 14 dniach od momentu ułożenia warstwy jastrychu. Na rys. 2 przedstawiono przekrój przez laboratoryjny strop wzorcowy z ułożoną na nim podłogą pływającą.



Rys. 2. Masywny strop wzorcowy z podłogą pływającą.
Fig. 2. Floor coverings on a heavyweight standard floor.

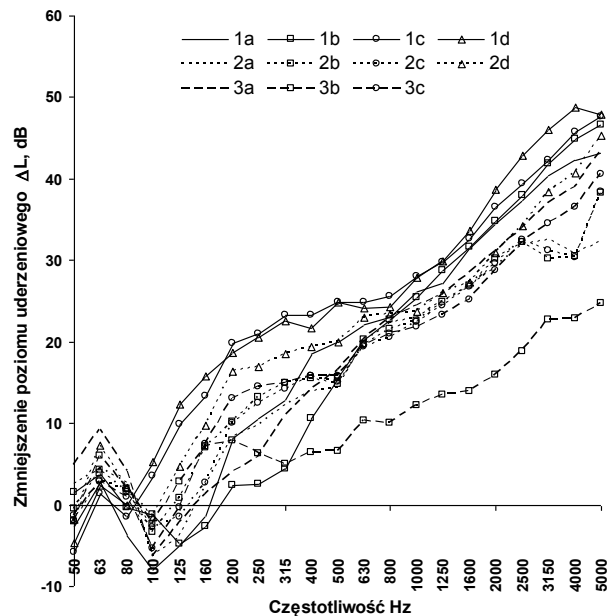
W tabeli 1 zestawiono próbki przebadane w Laboratorium Akustycznym Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej. W wyniku przeprowadzonych badań wyznaczono parametry akustyczne charakteryzujące tłumienie dźwięków uderzeniowych przez podłogi na masywnym stropie wzorcowym. Pomiary wykonano dla pasm 1/3 oktaowych w zakresie 50÷5000 Hz.

Tabela 1. Zestawienie podłóg pływających poddanych badaniom tłumienia dźwięków uderzeniowych.

Table 1. Configuration of floors those has been investigated with respect to reduction of transmitted impact noise.

Nr próbki	rodzaj materiału sprężystego	grubość materiału sprężystego	warstwa wierzchnia
1a.	styropian elastyczny producent S1	gr. 20 mm	jastrych cementowy gr. 40 mm
1b.	welna mineralna producent W1		
1c.	welna mineralna producent W2		
1d.	welna mineralna producent W3		
2a.	styropian elastyczny producent S2	gr. 30 mm	jastrych anhydrytowy gr. 40 mm
2b.	styropian elastyczny producent S3		
2c.	styropian elastyczny producent S4		
2d.	welnamineralna producent W3		
3a.	styropian EPS 100 producent S5	gr. 40 mm	jastrych anhydrytowy gr. 40 mm
3b.	styropian elastyczny producent S6		
3c.	welna mineralna producent W3		

Na rys. 3 pokazano zmniejszenia poziomu uderzeniowego w funkcji częstotliwości, uzyskane poprzez zastosowanie podłogi na stropie wzorcowym.



Rys. 3. Wyniki badań zmniejszenia poziomu uderzeniowego.

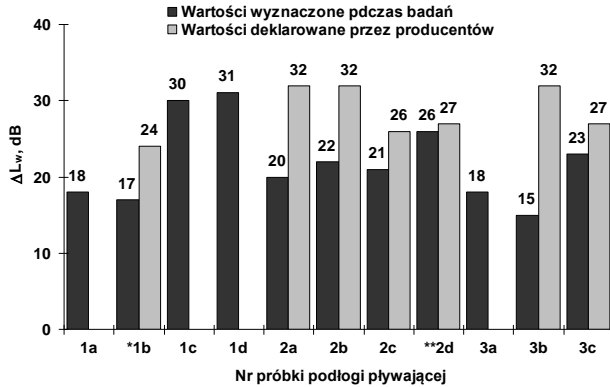
Fig. 3. Investigation results of reduction of transmitted impact noise.

Jednoliczbowy ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego ΔL_w , przebadanych podłóg pływających wyznaczono dla zakresu 100÷3150 Hz. Na rys. 4 przedstawiono wyniki badań ważonego wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego dla poszczególnych podłóg pływających. Dodatkowo dla materiałów, dla których informacje takie były dostępne, na wykresie pokazano wartości ΔL_w , deklarowane przez producentów. W przy-

padku dwóch próbek wartości deklarowane dotyczyły materiałów nie identycznych z przebadanymi:

*1b - wartość deklarowana dotyczyła wełny mineralnej tego samego producenta lecz o grubości 40 mm;

**2d - wartość deklarowana obliczona zastała na podstawie sztywności dynamicznej s' podanej przez producenta wełny mineralnej.



Rys. 4. Ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego ΔL_w , przebadanych podłóg pływających.

Fig. 4. Weighted index of impact level reduction ΔL_w , for investigated floor coverings.

3. OCENA PRZYDATNOŚCI PRZEBADANYCH PODŁÓG PŁYWAJĄCYCH W BUDOWNICTWIE WIELORODZINNYM

Celem sprawdzenia wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych, należy porównać maksymalną dopuszczalną wartość wskaźnika odczytaną z normy [2] z obliczoną wartością projektowego ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego:

$$L'_{n,w} \leq L'_{n,w} \max, \text{ dB} \quad (1)$$

Obowiązujący model obliczeniowy dotyczący izolacyjności od dźwięków uderzeniowych podaje norma [6]. Przedstawione w artykule wartości ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego, uzyskano wykorzystując obliczeniowy model uproszczony [6]:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K, \text{ dB} \quad (2)$$

gdzie:

$L_{n,w,eq}$ – równoważny ważony wskaźnik poziomu uderzeniowego znormalizowanego dla stropu bez dodatkowych warstw w dB;

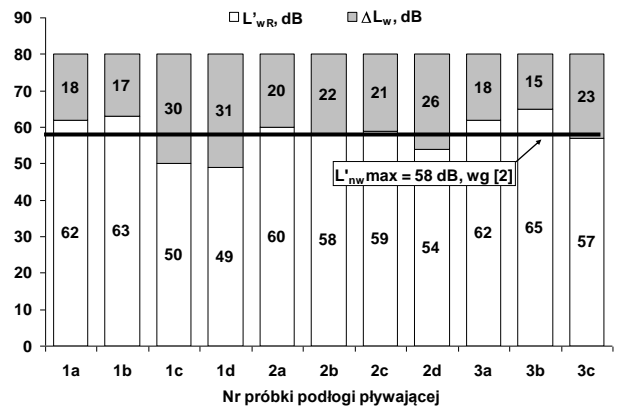
ΔL_w – ważony wskaźnik zmniejszenia poziomu uderzeniowego przez podłogę w dB;

K – poprawka uwzględniająca przenoszenie dźwięków uderzeniowych przez jednorodne elementy boczne w dB. Poprawkę K przyjmuje się na podstawie tablicy 1 normy [6] w oparciu o średnią masę powierzchniową jednorodnych elementów bocznych oraz stropu. Dobierając rodzaje przegród budowlanych na podstawie wskaźników uzyskanych w badaniach laboratoryjnych wzorców tych przegród, zaleca się, aby w projektach były przyjmowane wartości tych wskaźników skorygowane o 2 dB. Nazywane są one wartościami projektowanymi i oznaczane odpowiednim wskaźnikiem z literą R w indeksie dolnym. Można, zatem normowy wzór (2) zapisać w postaci:

$$L'_{n,wR} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K + 2, \text{ dB} \quad (3)$$

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń dla stropu gęstożebrowego CERAM gr. 24 cm, o masie powierzchniowej 314 kg/m^2 , charakteryzującego się wartością równoważnego wskaźnika ważonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L_{n,w,eq} = 77 \text{ dB}$. Celem określenia poprawki K przyjęto, że średnia masa powierzchniowa ścian bocznych wynosi $m_{b\acute{s}r} = 200 \text{ kg/m}^2$ (np. dla ścian z ceramiki poryzowanej). Dla tak przyjętych danych można odczytać z tablicy 1 normy [6] poprawkę $K = 1 \text{ dB}$. W związku z powyższym podstawiając dane do wzoru (3) otrzymamy: $L'_{n,wR} = 77 - \Delta L_w + 1 + 2 = 80 - \Delta L_w, \text{ dB}$.

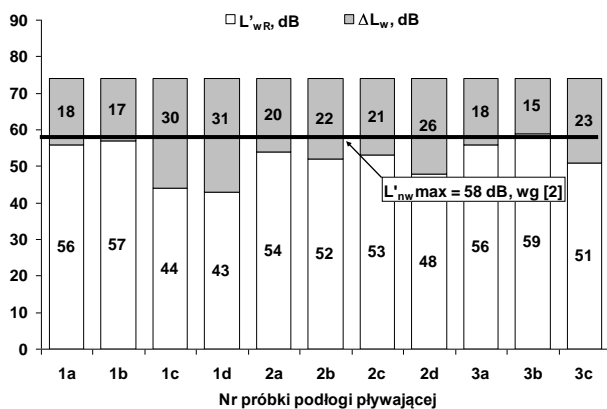
Na rys. 5 przedstawiono wyniki obliczeń ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego stropu CERAM z kolejnymi układami podłóg pływających, przebadanymi uprzednio w Laboratorium Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej. Otrzymane wartości porównano z wymaganą izolacyjnością akustyczną od dźwięków uderzeniowych dla stropów rozdzielających mieszkania w budynku wielorodzinnym: $L'_{n,w} \max = 58 \text{ dB}$ [2].



Rys. 5. Wartości wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$, dla stropu CERAM z podłogą pływającą.

Fig. 5. Weighted index of impact sound insulation $L'_{n,w}$, of CERAM with floor coverings.

Analogiczne obliczenia jak przedstawione powyżej przeprowadzono dla stropu żelbetowego FILIGRAN o gr. 20 cm i masie powierzchniowej 480 kg/m^2 , charakteryzującego się wartością $L_{n,w,eq} = 70 \text{ dB}$ (na podstawie normy [6]). Średnią masę powierzchniową ścian bocznych przyjęto jak wcześniej $m_{b,śr} = 200 \text{ kg/m}^2$. W związku z powyższym poprawka $K = 2 \text{ dB}$ (na podstawie tablicy 1 normy [6]), a podstawiając dane do wzoru (3) otrzymano: $L'_{n,w,R} = 70 - \Delta L_w + 2 + 2 = 74 - \Delta L_w, \text{ dB}$. Na rys. 6 przedstawiono wyniki obliczeń ważonego wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego stropu FILIGRAN z kolejnymi układami podłóg pływających, przebadanymi uprzednio w laboratorium. Otrzymane wartości (tak jak poprzednio dla stropu CERAM), porównano z wymaganą izolacyjnością akustyczna od dźwięków uderzeniowych dla stropów rozdzielających mieszkania w budynku wielorodzinnym $L'_{n,w} \text{ max} = 58 \text{ dB}$ [2].



Rys. 6. Wartości wskaźnika poziomu uderzeniowego znormalizowanego przybliżonego $L'_{n,w}$ dla stropu FILIGRAN z podłogą pływającą.
Fig. 6. Weighted index of impact sound insulation $L'_{n,w}$ of FILIGRAN with floor coverings.

4. PODSUMOWANIE

Parametrem decydującym o skuteczności podłogi pływającej w tłumieniu dźwięków uderzeniowych jest częstotliwość rezonansowa układu podłogowego, f_0 . Analizując rys. 3 można, zauważyć, że dla większości przebadanych podłóg częstotliwość f_0 przypada w zakresie $100 \div 125 \text{ Hz}$, co ma swoje odzwierciedlenie w wartości ważonego wskaźnika zmniejszenia poziomu uderzeniowego ΔL_w (jego wartość wyznaczana jest dla zakresu $100 \div 3150 \text{ Hz}$). Jedynie dla podłóg z wełną mineralną gr. 2 cm (1c i 1d), częstotliwość rezonansowa przypada w zakresie poniżej 100 Hz. Dla tych próbek, uzyskano też najwyższe wartości wskaźnika ΔL_w , równe odpowiednio 30 i 31 dB (rys. 4). Najniższą wartość wskaźnika ΔL_w osiągnięto dla styropianu elastycznego 3b i wyniosła ona 15 dB, podczas

gdy deklarowana przez producenta wartość wskaźnika dla tego produktu wynosi 32 dB (rys. 4). Podobnie dla pozostałych próbek styropianu odnotowano znaczący niedobór wyznaczonej wartości ΔL_w w stosunku do wartości deklarowanych przez producentów. Analiza teoretyczna, w której porównano izolacyjność akustyczną od dźwięków uderzeniowych stropu gęstożebrowego CERAM, wskazuje, że dla 4 próbek wełny mineralnej (1c, 1d, 2d i 3c) i tylko 1 próbki styropianu (2b) istnieje możliwość spełniania wymagań normowych przyjętych, jak dla stropu pomiędzy mieszkaniami w budynku wielorodzinnym (rys. 5). Korzystniej przedstawia się sytuacja w przypadku stropu FILIGRAN gr. 20 cm. Dzięki dobrym parametrom akustycznym, jakie posiada masywny strop żelbetowy tylko dla próbki 3b nie zostały spełnione wymagania normowe (rys. 6).

TRANSMISSION REDUCTION OF IMPACT SOUND BETWEEN THE ROOMS WITH USING FLOOR COVERING ON A HEAVYWEIGHT FLOOR

Summary: In the paper the results of laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor are presented. Different kinds of resilient materials were applied. It was mineral wool and foamed polystyrene - the most popular materials on the building market. The paper introduces the calculations results of impact sound insulation prognosis for exemplary build with investigated floors.

Literatura

- [1] Szudrowicz B. *Właściwości akustyczne przegród międzymieszkańskich w nowowznoszonych budynkach*. Materiały Budowlane 8'2006 (nr 408) 17-23
- [2] PN-99/B-02151-03 *Akustyka budowlana - Ochrona przed hałasem w budynkach - Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania*.
- [3] PN-EN ISO 140-6:1999 *Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiar laboratoryjny izolacyjności od dźwięków uderzeniowych stropów*.
- [4] PN-EN ISO 140-8:1999 *Akustyka - Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Pomiar laboratoryjny tłumienia dźwięków uderzeniowych przez podłogi na masywnym stropie wzorcowym*.
- [5] PN-EN ISO 717-2:1999 *Akustyka - Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych*.
- [6] PN-EN 12354-2:2002 *Akustyka budowlana - Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów - Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami*.