

Anna ZASTAWNA-RUMIN¹

Kinga ZĘBALA²

IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA ŚCIAN W SALACH DO PRÓB W SZKOLE MUZYCZNEJ

Streszczenie: W artykule zawarto wyniki badań izolacyjności akustycznej przegród w salach do prób w szkole muzycznej. Analiza wyników przeprowadzona została w odniesieniu do aktualnych przepisów oraz w aspekcie odczuwania komfortu. Aby sprawdzić, czy ujęte w normach wymagania dotyczące izolacyjności przegród w szkołach są wystarczające, aby komfortowo uczyć się gry na instrumentach, dokonano pomiarów izolacyjności akustycznej ścian i drzwi w salkach do prób w jednej ze szkół muzycznych. Kolejnym elementem analizy w aspekcie izolacyjności akustycznej było określenie wpływu przedsionka na warunki akustyczne w salach prób. Izolacyjność akustyczna zarówno ścian pomiędzy salami jak i ścian z drzwiami prowadzącymi do przedsionka spełniają wymagania dotyczące izolacyjności od dźwięków powietrznych ale tylko w odniesieniu do szkół tradycyjnych. Pomimo spełnienia warunków dotyczących izolacyjności od dźwięków powietrznych dla ścian analizowanych pomieszczeń, komfort akustyczny w tych salach nie jest wystarczający. Obserwacje oraz wywiad z użytkownikami sal wskazuje na wzajemne zakłócenia dźwięków w przypadku jednoczesnego korzystania z sąsiadujących sal. Autorzy artykułu postulują zatem konieczność stworzenia takich wymagań normowych, aby szkoły muzyczne i inne temu podobne instytucje, zapewniały komfort nauki gry na instrumentach i śpiewu.

W analizowanym budynku szkoły muzycznej zaprojektowanie przedsionków było właściwym rozwiązaniem, skutkującym znacznym zwiększeniem izolacyjności od dźwięków powietrznych generowanych na korytarzu. Ochrona od dźwięków generowanych w sąsiedniej sali jest zbyt niska – nie stwarza warunków komfortowych do nauki muzyki. Sytuacja, w której każda sala posiadałaby oddzielny przedsionek, byłaby rozwiązaniem bardziej korzystnym.

Słowa kluczowe: izolacyjność akustyczna, ciśnienie akustyczne, decybel, pogłos

¹ Autor do korespondencji: mgr inż. Anna Zastawna-Rumin, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej

² mgr inż. Kinga Zębala, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej

1. Wstęp

W ostatnich latach wiele uwagi poświęca się oszczędzaniu energii w sektorze budownictwa. Technologie wznoszenia budynków podporządkowane są idei energooszczędności. Idea ta znajduje również swoje odzwierciedlenie w przepisach: „Prawo Budowlane”, czy „Warunki Techniczne...”. Tym samym wiele mówi się o izolacyjności termicznej przegród budynku. Niestety nadal niewiele uwagi poświęca się izolacyjności akustycznej przegród, która w istotny sposób wpływa na komfort użytkowania budynków.

2. Izolacyjność akustyczna

Jak ważnym czynnikiem jest ochrona przed hałasem i związana z tym izolacyjność akustyczna ścian najlepiej wiedzą mieszkańcy budynków wielorodzinnych. Jednak równie ważny jest komfort w pracy i w szkole.

Izolacyjność akustyczna to miara określająca jak dobrze konstrukcja budowlana (przegroda) izoluje pomieszczenie od dźwięków przenikających z innych pomieszczeń lub z otoczenia.

Wyróżnia się izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych (ściany, stropy, instalacje) oraz od dźwięków uderzeniowych (stropy, instalacje).

Przybliżoną izolacyjność od dźwięków powietrznych przegrody oznaczamy symbolem R' i przedstawiamy wzorem:

$$R' = 10 \lg \frac{W_1}{W_2 + W_3}, \text{ dB} \quad [5] \quad (1)$$

gdzie:

W_1 - moc akustyczna padająca na przegrodę, W

W_2 - moc akustyczna przeniesiona przez przegrodę, W

W_3 - moc akustyczna przenikająca między pomieszczeniami wszystkimi drogami pośrednimi, dB

W przypadku, gdy pole akustyczne w pomieszczeniach występujących po obu stronach przegrody można uznać jako przybliżone do rozproszonego, wówczas R' przedstawiamy wzorem:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}, \text{ dB} \quad [5] \quad (2)$$

gdzie:

L_1 - poziom średniego ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu nadawczym, dB

L_2 - poziom średniego ciśnienia akustycznego w pomieszczeniu odbiorczym, dB

S - powierzchnia przegrody (wspólna część przegrody występująca w obu pomieszczeniach), m^2

A - równoważne pole powierzchni dźwiękochłonnej pomieszczenia odbiorczego, m^2

Do określania izolacyjności akustycznej przegrody stosuje się również znormalizowaną różnicę poziomu ciśnienia akustycznego D_n oraz wzorcową różnicę poziomów ciśnienia akustycznego D_{nT} , obie wyrażone w dB i opisane wzorami:

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{A_0}{A}, \text{ dB} \quad [5] \quad (3)$$

gdzie:

L_1, L_2, A - j.w.

A_0 - równoważne pole powierzchni dźwiękochłonnej odniesienia (chłonność akustyczna odniesienia), przyjmuje się $A_0 = 10 m^2$ (wartość chłonności akustycznej charakterystyczna dla pokoi mieszkalnych umeblowanych), m^2

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0}, \text{ dB} \quad [5] \quad (4)$$

gdzie:

L_1, L_2, A - j.w.

T - czas pogłosu pomieszczenia odbiorczego, s

T_0 - czas pogłosu odniesienia; przyjmuje się $T_0 = 0,5$ s (wartość czasu pogłosu dla pokoi mieszkalnych umeblowanych)

Zależność pomiędzy przybliżoną izolacyjnością akustyczną właściwą przegrody R' a znormalizowaną i wzorcową różnicą poziomów ciśnienia akustycznego kształtuje się następująco:

$$D_n = R' + 10 \lg \frac{A_0}{S}, \text{ dB} \quad [5] \quad (5)$$

gdzie:

R', A_0, S - j.w.

$$D_{nT} = R' + 10 \lg V - 10 \log S - 5, \text{ dB} \quad [5] \quad (6)$$

gdzie:

R', A_0, S - j.w.

V - objętość pomieszczenia odbiorczego, m^3

Wskaźnik ważony izolacyjności akustycznej właściwej przegrody (np. ścian, okna, itp.) R_w (odnosi się do hałasu o równym poziomie w poszczególnych częstotliwościach) jest wyrażana w dB (decybel). Zgodnie z ISO 717-1 można w uproszczeniu przyjąć, że wykorzystujemy wskaźnik oceny izolacyjno-

ści akustycznej właściwej R_{A1} dla oceny ścian wewnętrznych i R_{A2} dla oceny ścian zewnętrznych. Zależności pomiędzy tymi wielkościami [6]:

$$R_{A1} = R_W + C \quad (7)$$

$$R_{A2} = R_W + C_{tr} \quad (8)$$

$$R_W(C, C_{tr})$$

gdzie:

C - widmowy wskaźnik adaptacyjny - współczynnik korekcyjny dotyczący hałasów użytkowych (rozmowa, muzyka, zabawa dzieci)

C_{tr} - widmowy wskaźnik adaptacyjny - współczynnik korekcyjny dotyczący transportu (ruch uliczny i kolejowy, samoloty itp.)

Wskaźniki C i C_{tr} przybierają wartości ujemne (w nielicznych przypadkach wynoszą 0)

Pozostałe wartości D_n i D_{nT} można przedstawić za pomocą tych samych wskaźników adaptacyjnych:

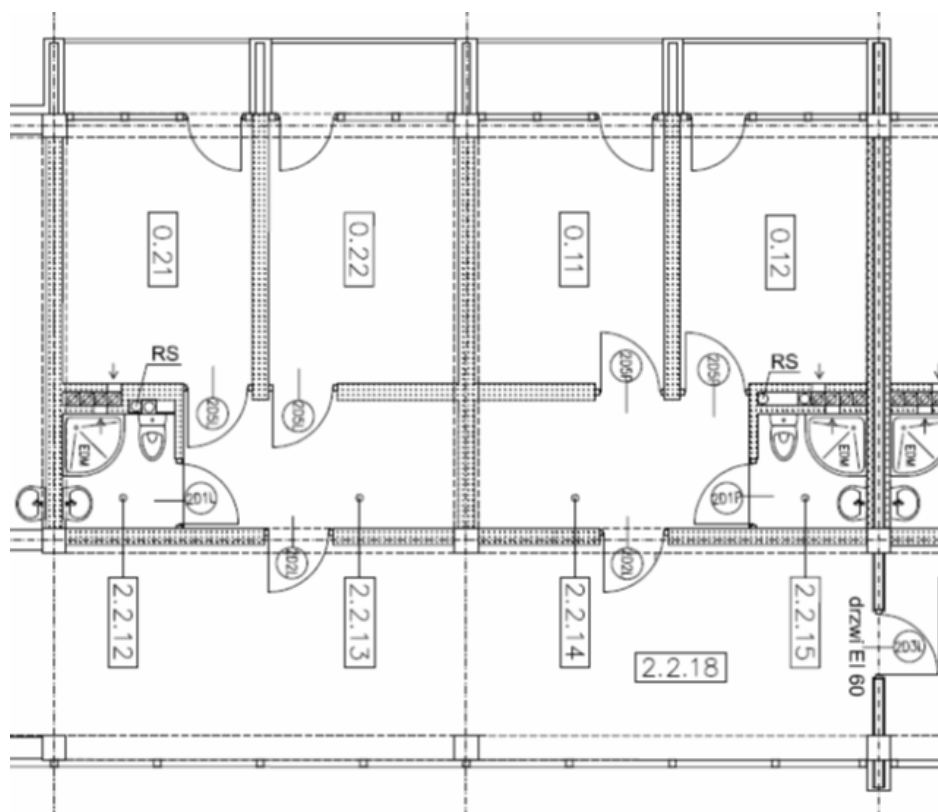
$$D_n(C, C_{tr}) \text{ oraz } D_{nT}(C, C_{tr}) \quad [5]$$

3. Pomiary izolacyjności akustycznej ścian w salach szkoły muzycznej.

3.1. Zakres pomiarów i opis przeprowadzonych pomiarów

Pomiary przeprowadzono w celu weryfikacji, czy zawarte w normach wymagania dotyczące izolacyjności przegród w szkołach tradycyjnych są wystarczające w aspekcie komfortu nauczania gry na instrumentach w szkołach muzycznych. Przedmiotem pomiarów izolacyjności akustycznej były ściany i drzwi w salach do prób w jednej ze szkół muzycznych.

Pomiary wykonano na podstawie normy PN-EN ISO 140-4 [1]. Norma ta dokładnie określa pozycję mikrofonu, ilość pomiarów w zależności od rodzaju źródła dźwięku i mikrofonu, czas trwania pomiaru (dla mikrofonu ruchomego min.15 s) oraz pozycję głośnika. Do pomiarów wykorzystano źródło dźwięku wszechkierunkowe oraz mikrofon ruchomy. Czas prowadzenia pojedynczego pomiaru wyniósł 30 s.



Rys. 1 Rzut pomieszczeń (sale do prób indywidualnych)

Fig. 1. Ground plan of premises

Na rysunku nr 1 pokazano zakres przeprowadzonych badań: cztery sale do prób indywidualnych (0.21, 0.22 i 0.11, 0.12), pogrupowane po dwie, połączone przedsionkiem. Wymiary rzutu pomieszczenia 2,75m x 3,8m; wysokość 3,23 m.

Ściany pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami wykonane są z bloczków silikatowych grubości 24 cm. Wartość izolacyjności akustycznej deklarowana przez producenta bloczków silikatowych $R_{AIR} = 54$ dB. Wartość ta nie uwzględnia przenoszenia bocznego dźwięku.

Drzwi z przedsionka do poszczególnych salek są o podwyższonej klasie izolacyjności akustycznej. Drzwi pomiędzy korytarzem a przedsionkiem to drzwi płytowe z prześwitem u dołu (brak progu).



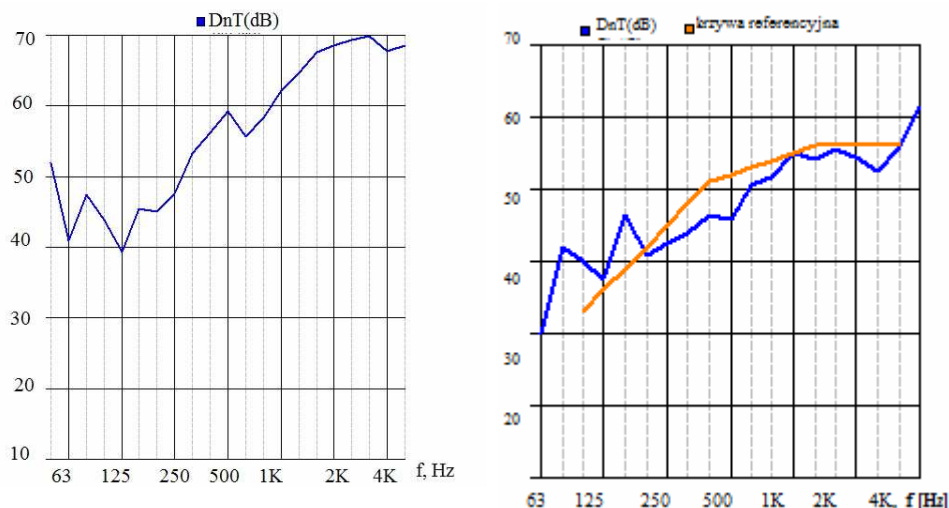
Rys. 2. Zdjęcie salki do prób indywidualnych nr 021

Fig. 2. Picture the individual rehearsal room 021

3.2. Wyniki pomiarów

Tablica 1 przedstawia wyniki pomiarów dla ścian pomiędzy pomieszczeniami do prób nauki muzyki. Pomieszczenia 011 i 022, w odróżnieniu od sal 021 i 022, nie są połączone wspólnym przedsionkiem.

Za pomocą programu dBbati wyznaczono wartość wskaźnika izolacyjności akustycznej ścian i drzwi. (Tabela 1)



Rys.3. Wyniki izolacyjności akustycznej przybliżonej dla ściany pomiędzy salami 022 i a) 011 i b) 021

Fig 3. The results of acoustic insulation for walls between rooms 022 i a) 011 i b) 021

Tabela. 1. Wyniki izolacyjności akustycznej przybliżonej

Table 1. The results of acoustic insulation for walls

Opis przegrody	Wynik pomiarów	Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej przybliżonej, dB	Wymagania normowe dla szkół tradycyjnych [2], dB
ściana pomiędzy salką 011 a 012	$R'_{w}(C;Ctr) = 52(-1,-4)$	$R'_{A1} = 51$	45
ściana pomiędzy salką 021 a 022	$R'_{w}(C;Ctr) = 52(-1,-4)$	$R'_{A1} = 51$	45
ściana pomiędzy salką 011 a 022	$R'_{w}(C;Ctr) = 60(-2,-6)$	$R'_{A1} = 58$	45
ściana z drzwiami pomiędzy przedsionkiem a salką 021	$D_{nT,w}(C;Ctr) = 35 (-1,-1)$	$D_{nT,A1} = 34$	25 (dla drzwi)
ściana z drzwiami pomiędzy przedsionkiem a salką 022	$D_{nT,w}(C;Ctr) = 34 (-1,-1)$	$D_{nT,A1} = 33$	25(dla drzwi)
ściana z drzwiami pomiędzy korytarzem głównym a przedsionkiem	$D_{nT,w}(C;Ctr) = 22 (-1,-1)$	$D_{nT,A1} = 21$	
dwie ściany z drzwiami pomiędzy korytarzem głównym a salką 022	$D_{nT,w}(C;Ctr) = 53 (-1,-3)$	$D_{nT,A1} = 52$	

3.3. Analiza wyników

Izolacyjność akustyczna dla ściany pomiędzy salą a przedsionkiem jest zdeterminowana przez izolacyjność od dźwięków powietrznych drzwi osadzonych w tej ścianie. Według wytycznych producenta są to drzwi o podwyższonej izolacyjności akustycznej. Pomiar wykazały, że są spełnione wytyczne dla sal lekcyjnych (minimum 25 dB) [2].

Izolacyjność akustyczna zarówno ścian pomiędzy salami jak i ścian z drzwiami prowadzącymi do przedsionka spełniają wszystkie wymagania dotyczące izolacyjności od dźwięków powietrznych zawartych w normie PN-B-02151-3 dla szkół tradycyjnych [2].

Pomimo spełnienia warunków dotyczących izolacyjności od dźwięków powietrznych dla ścian analizowanych pomieszczeń, komfort akustyczny w tych salach nie jest wystarczający. Obserwacje oraz wywiad z użytkownikami sal wskazuje na wzajemne zakłócenia dźwięków w przypadku jednoczesnego korzystania z sąsiadujących sal.

Norma zawiera jedynie wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej w odniesieniu do sal lekcyjnych, w których dźwięki generowane są przez mówiącego nauczyciela. W salach lekcyjnych specjalistycznych np. do nauki gry na instrumentach lub nauki śpiewu generowane dźwięki mają zdecydowanie inny charakter i są znacznie głośniejsze,.

Przykładowe poziomy dźwięku emitowane przez poszczególne instrumenty [4]: pianino 60-90 dB, głośne pianino 70-105 dB, skrzypce 80-90 dB, wiolonczela 80-104 dB, kontrabas 70-94 dB, klarnet 68-82 dB, obój 74-102 dB, flet piccolo 96-112 dB, puzon 90-106 dB, bęben basowy 74-94 dB, śpiewak 70-85 dB.

Dopuszczalny poziom dźwięku A w pomieszczeniach typu klasy i pracowni szkolne zgodnie z normą PN-B-02151-2 [3] nie powinien przekraczać 40 dB (od wszystkich źródeł hałasu) [3]. To są warunki, w których można się komfortowo uczyć. Do sal przeznaczonych dla muzyki nie określono wymagań. Poziom natężenia dźwięku generowanego przez większość instrumentów muzycznych przekracza 90 dB. Biorąc pod uwagę izolacyjność ściany 51 dB (pomiędzy salami z tym samym przedsionkiem), w sąsiednim pokoju nie zostanie zapewniony komfort akustyczny odpowiedni dla nauki gry na instrumentach.

Inaczej wygląda sytuacja w przypadku salek 011 i 022 nie mających wspólnego przedsionka. Tam izolacyjność akustyczna ściany wynosi 58 dB. Wówczas warunki do gry na instrumentach można uznać za dobre.

Kolejnym elementem analizy w aspekcie izolacyjności akustycznej było określenie wpływu przedsionka na warunki akustyczne w salach prób. Ściana z drzwiami rozdzielająca salę od przedsionka ma izolacyjność na poziomie 33-34dB, która spełnia podstawowe wymagania. Izolacyjność od dźwięków powietrznych ściany z drzwiami pomiędzy przedsionkiem a korytarzem głównym jest na niskim poziomie (21dB). Pomimo tego uwzględnienie dodatkowej prze-

strzeni przed salami skutkuje znacznym zwiększeniem izolacyjności od dźwięków generowanych na korytarzu głównym (52dB).

4. Wnioski

Izolacyjność akustyczna ścian i drzwi sal w przypadku badanej szkoły muzycznej spełnia warunki normowe w odniesieniu do tradycyjnych pomieszczeń lekcyjnych. Normy niestety nie podają minimalnej izolacyjności przegród w przypadku sal przewidzianych do nauki muzyki. Autorzy wskazują, że odniesienie wymagań izolacyjności akustycznej tego typu obiektów do wymagań normowych dla tradycyjnych sal lekcyjnych jest podejściem błędnym, nie wystarczającym do zapewnienia komfortu akustycznego. W związku z powyższym autorzy artykułu postulują konieczność stworzenia takich wymagań normowych, aby szkoły muzyczne i inne temu podobne instytucje, zapewniały komfort nauki gry na instrumentach i śpiewu.

Architekci nie mając wytycznych do projektowania sal przeznaczonych dla muzyki, projektują przegrody odnosząc się do sal lekcyjnych. Z przeprowadzonej analizy wynika, że nie jest to wystarczające.

W badanej szkole muzycznej zaprojektowanie przedsionków było właściwym rozwiązaniem, skutkującym znacznym zwiększeniem izolacyjności od dźwięków powietrznych generowanych na korytarzu. Ochrona od dźwięków generowanych w sąsiedniej sali jest zbyt niska – nie stwarza warunków komfortowych do nauki muzyki. Gdyby każda salka miała swój osobny przedsionek, sytuacja wyglądała by znacznie lepiej.

Literatura

- [1] PN-EN ISO 140-4 z 2000 r. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach izolacyjności akustycznej elementów budowlanych - od dźwięków powietrznych.
- [2] PN-B-02151-3 z 1999 r. Ochrona przed hałasem w budynkach – Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych.
- [3] PN-B-02151-2 z 1987 r. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- [4] mgr inż. Emil Kozłowski z Zakładu Zagrożeń Wibroakustycznych Centralnego Instytutu Ochrony Pracy <http://www.sprawynauki.edu.pl>
- [5] dr hab. inż. prof. ITB Barbara Szudrowicz „Budownictwo ogólne” tom 2 fizyka budowlanej rozdział 8.
- [6] ISO 717-1 z 2013 r. Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation

ACOUSTIC TESTS OF THE INSULATION PROVIDED BY THE BARRIERS LOCATED IN A REHEARSAL ROOM OF THE MUSIC SCHOOL

Summary

The article contains the results of acoustic tests of the insulation provided by the barriers located in a rehearsal room of the music school. The analysis of the results was carried out in relation to the current legislation and to the relative comfortable feeling. To check whether the requirements for the barrier insulation that are included in the standards are sufficient for the comfortable learning to play instruments, measurements were made of sound insulation of the walls and doors in the rehearsal hall in one of the music schools. Another element of the analysis in aspect of sound insulation was to determine the effect of the atrium on the acoustic rehearsal rooms. The sound insulation in both the walls between the rooms and the walls with a door leading to the vestibule meet all the requirements for airborne sound insulation but only in relation to traditional schools. Despite the fact that the airborne sound insulation of the walls in the rooms fulfilled the requirements of the standards, the acoustic comfort in these rooms was not preserved. The observations and the interview with room occupants have shown the presence of sound disruptions in cases where adjacent rooms are simultaneously used. Therefore, there is a need to define standards for music schools and other similar institutions, in order to provide comfort to learn to playing instruments and singing.

In the music school where the investigations were conducted, the creation of a vestibule in each room was the right solution that significantly increased the insulation from the airborne sound generated in the hallway. The protection against the sounds generated in the adjacent rooms is too low – it does not ensure comfortable conditions for learning music. If every room had its separate vestibule, the situation would look much better.

Keywords: acoustic insulation, sound pressure, sound intensity, decibel, reverb

DOI:10.7862/rb.2014.119

Przesłano do redakcji: 19.11.2014 r.

Przyjęto do druku: 22.12.2014 r.