

Barbara Szudrowicz*

OCENA IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ PRZYKŁADOWYCH ROZWIĄZAŃ ŚCIAN MIĘDZYMIESZKANIOWYCH WE WZNO SZONYCH OBECNIE BUDYNKACH WIELORODZINNYCH

W latach 2004–2005 w ramach działalności statutowej ITB zostały przeprowadzone badania izolacyjności akustycznej ścian międzymieszkaniowych w nowo wznoszonych budynkach wielorodzinnych. Badaniami akustycznymi objęto ściany żelbetowe (prefabrykowane i monolityczne), ściany ceramiczne oraz ściany z bloków silikatowych drażonych. Wyniki badań oceniono w świetle wymagań stawianych przez PN-B-02151-3:1999. Analizę wyników badań przeprowadzono uwzględniając warunki zastosowania konkretnych ścian w budynku, kierując się zasadami wynikającymi z modelu rozprzestrzeniania się dźwięku w budynku (model wg PN-EN 12354-1:2002). Ocena ścian dotyczy wyłącznie izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych. Nie obejmuje zjawiska ewentualnego przenoszenia przez ścianę dźwięków materiałowych, co może wystąpić w przypadku mocowania do ściany przewodów instalacyjnych.

1. Wprowadzenie

W latach 2004–2005 przeprowadzono w Instytucie Techniki Budowlanej badania izolacyjności akustycznej przegród międzymieszkaniowych w nowo wznoszonych budynkach wielorodzinnych. Badania te były finansowane z funduszy przeznaczonych na działalność statutową ITB [1]. Impulsem do podjęcia takich badań była potrzeba uzyskania rozeznania w zakresie właściwości akustycznych najbardziej popularnych rozwiązań ścian międzymieszkaniowych i stropów stosowanych w budynkach wielorodzinnych oraz ocena tych danych w świetle obowiązujących wymagań akustycznych [2, 3, 4]. Należy bowiem uwzględnić, że izolacyjność akustyczna przegrody w budynku zależy nie tylko od jej parametrów akustycznych jako wyrobu budowlanego, ale także od szeregu czynników związanych z warunkami zastosowania danej przegrody w budynku (w tym jakości wykonania robót budowlanych). A zatem znajomość określonych w warunkach laboratoryjnych parametrów akustycznych przegród budowlanych nie jest wystarczającą podstawą do oceny izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku.

Synteza wyników badań przeprowadzonych w budynkach, obejmująca nie tylko obraz stanu istniejącego, ale podająca prawdopodobne przyczyny uzyskania przez konkretne

* dr hab. inż. – Zakład Akustyki

rozwiązania określonych parametrów akustycznych, może być cenną wskazówką dla projektantów i wykonawców budynków mieszkalnych wielorodzinnych przy projektowaniu tych obiektów z uwzględnieniem wymagań akustycznych.

Przeprowadzanie pomiarów akustycznych w budynkach wiązało się także z koniecznością indywidualnego podejścia do metody pomiaru w zakresie lokalizacji punktów pomiaru poziomego ciśnienia akustycznego w pomieszczeniach o nieregularnym rzucie (np. w pokojach z otwartymi aneksami kuchennymi). Wyniki pomiarów dostarczyły także wielu informacji na temat faktycznego czasu pogłosu pomieszczeń nieumeblowanych i umeblowanych oraz związanych z tym relacji między różnymi normowymi wskaźnikami oceny izolacyjności od dźwięków powietrznych i uderzeniowych przegród w budynku. Te zagadnienia zostały przedstawione w referacie zaprezentowanym na konferencji Krynica '05 [5], a wnioski z przeprowadzonych badań i analiz zostaną również wykorzystane przy nowelizacji PN-B-02151-3:1999.

W niniejszym artykule skoncentrowano się na zagadnieniu izolacyjności akustycznej ścian międzymieszkaniowych.

2. Zakres i metoda badań izolacyjności akustycznej ścian międzymieszkaniowych w budynkach oraz przyjęte kryteria oceny

Badaniami akustycznymi zostały objęte ściany międzymieszkaniowe w budynkach wielorodzinnych o różnej konstrukcji. Badania wykonano zarówno w budynkach zamieszkałych, jak i niezamieszkałych.

Badania w budynkach zamieszkałych były prowadzone zazwyczaj na wniosek lokatorów lub właścicieli mieszkań (w tym wspólnot mieszkaniowych) skarżących się na występujące przesłuchy między mieszkaniami. Badania w budynkach niezamieszkałych prowadzono po nawiązaniu kontaktów z producentami konkretnych wyrobów budowlanych, inwestorami lub też wykonawcami budynków.

Przeprowadzono badania izolacyjności od dźwięków powietrznych następujących rodzajów ścian międzymieszkaniowych w budynkach: żelbetowych płytowych prefabrykowanych i monolitycznych, z elementów murowych silikatowych oraz z ceramiki zwykłej i poryzowanej. Ten zestaw rozwiązań, pomimo że był wynikiem możliwości uzyskania przez Instytut obiektów do badań, odzwierciedla także podstawowe kierunki w zakresie rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych stosowanych obecnie przy wznoszeniu wielorodzinnych budynków mieszkalnych.

Pomiary izolacyjności akustycznej wykonano metodami zgodnymi z PN-EN 140-4:1999 [6]. Uwzględnienie przy pomiarach warunków pogłosowych pomieszczeń przylegających do badanej przegrody sprawia, że wyniki pomiarów izolacyjności akustycznej przeprowadzone w budynkach niezamieszkałych i zamieszkałych dają porównywalną ocenę właściwości akustycznej danego rozwiązania. Dzięki temu wyniki te mogą być łączone we wspólnych zbiorach.

Pełne wyniki pomiarów podaje się jako zestaw wartości izolacyjności akustycznej w 16 pasmach 1/3-oktawowych (w postaci tabelarycznej lub graficznej) w przedziale

minimum 100–3150 Hz. Na podstawie tych danych wyznacza się następnie wskaźniki jednoliczbowe według PN-EN ISO 717-1:1999 [7]. Norma PN-EN 140-4:1999 dopuszcza możliwość przeprowadzenia pomiarów uproszczonych w oktaowych pasmach częstotliwości w przedziale 125–2500 Hz. Dane zamieszczone w artykule uwzględniają wyniki badań przeprowadzonych w pasmach 1/3-oktaowych, lepiej charakteryzujących właściwości akustyczne przegród specyficzne ze względu na ich rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne.

Wymagania w stosunku do izolacyjności akustycznej ścian wewnętrznych w budynku (w tym ścian międzymieszkaniowych) dotyczą izolacyjności od dźwięków powietrznych. Ewentualne przenoszenie przez ścianę dźwięków materiałowych wywołanych źródłami instalacyjnymi (np. w wyniku zamocowania do ściany urządzeń lub przewodów instalacji wodociągowej bez zastosowania odpowiednich zabezpieczeń przeciwdrganiowych) podlega wymaganiom zawartym w normie określającej dopuszczalne poziomy hałasów przenikających do pomieszczeń chronionych (w tym hałasów instalacyjnych).

Wymagania dotyczące izolacyjności ścian od dźwięków powietrznych podano w PN-B-02151-3:1999, formułując je za pomocą dwóch różnych parametrów o różnym zakresie stosowania. Są nimi:

a) przybliżona* izolacyjność akustyczna właściwa R' ** odnosząca się do ścian rozdzielających pomieszczenia o powierzchni $S \geq 10 \text{ m}^2$, w przypadku gdy pomieszczenia nie są wzajemnie przesunięte (ściany boczne w obu pomieszczeniach znajdują się w jednej linii),

b) wzorcowa różnica poziomu ciśnienia akustycznego D_{nT} *** odnosząca się do ścian o powierzchni $S < 10 \text{ m}^2$ bez względu na wzajemne usytuowanie pomieszczeń rozdzielonych daną ścianą lub bez względu na wielkość powierzchni, w przypadku gdy pomieszczenia są wzajemnie przesunięte.

Wymagania odnoszą się do jednoliczbowych wskaźników oceny zgodnie z zakresem stosowania przedstawionych parametrów, a mianowicie

$$R'_{A1} \geq 50 \text{ dB} \quad \text{oraz} \quad D_{nTA1} \geq 50 \text{ dB} \quad (1)$$

Związek między R'_{A1} i D_{nTA1} jest następujący:

$$D_{nTA1} = R'_{A1} + 10 \lg V - 10 \lg S - 5 \quad (2)$$

Przy ocenie wyników badań w świetle wymagań normowych uwzględniano oba parametry akustyczne stosowane do badanego przypadku. Przy uogólnianiu wyników badań odnoszących się do konkretnej grupy rozwiązań wszystkie wyniki przeliczono na wskaźniki R'_{A1} .

* Określenie „przybliżone” wskazuje, że izolacyjność akustyczna przegrody została określona w budynku; nie można tego określenia traktować jako wskazania na małą dokładność pomiaru.

** Przybliżona izolacyjność akustyczna właściwa R' jest powiązana z poziomem ciśnienia akustycznego występującego w pomieszczeniach przyległych do przegrody zgodnie z wyrażeniem $R' = L_1 - L_2 + 10 \lg S/A$, gdzie: L_1, L_2 – poziom ciśnienia akustycznego odpowiednio w pomieszczeniu nadawczym i odbiorczym, dB; S – powierzchnia przegrody rozdzielającej pomieszczenia, m^2 ; A – chłonność akustyczna pomieszczenia odbiorczego zależna od objętości pomieszczenia i czasu pogłosu, m^2 .

*** Wzorcowa różnica poziomów D_{nT} jest sprowadzona do wzorcowych warunków pogłosowych pomieszczenia odbiorczego zgodnie z wyrażeniem $D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg T/T_0$, gdzie: T – czas pogłosu pomieszczenia odbiorczego, s; T_0 – czas pogłosu odniesienia; $T_0 = 0,5 \text{ s}$; pozostałe oznaczenia jw.

Przy doborze do badań akustycznych konkretnych ścian uwzględniono czynniki, które wpływają na izolacyjność akustyczną przegród w budynku ze względu na stopień bocznego i ewentualnie pośredniego przenoszenia dźwięku (uwzględniono przy tym model rozprzestrzenia się w budynku dźwięków powietrznych według PN-EN 12354-1:2002 [8]). Uwzględniając ten model, wzięto pod uwagę – oprócz rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych ściany międzymieszkaniowej – dodatkowo następujące dane:

- wymiary powierzchni ściany,
- rodzaj ściany zewnętrznej,
- rodzaj wewnętrznych ścian bocznych w stosunku do przegrody działowej,
- rodzaj stropów,
- sposób rozwiązania węzłów.

Precyzyjne określenie tych wszystkich szczegółów w budynkach zamieszkałych nie zawsze było możliwe.

Analizując uzyskane wyniki badań, zwrócono uwagę zarówno na ocenę izolacyjności akustycznej przegród międzymieszkaniowych w stosunku do wymagań podanych w PN-B-02151-3:1999, jak również na możliwe przyczyny niedostatecznych parametrów akustycznych danego rozwiązania w budynku. Tam, gdzie dysponowano danymi akustycznymi konkretnego rozwiązania w warunkach laboratoryjnych, w analizie przyczyn wykorzystano między innymi metody obliczeniowe prognozowania izolacyjności akustycznej w budynku według modelu ujętego w PN-EN 12354-1:2002 [8].

W obliczeniach przewidywanej izolacyjności akustycznej w budynku zastosowano metodę uproszczoną według PN-EN, uogólniając wyniki obliczeń konkretnych układów w budynku przy wykorzystaniu danych z Poradnika ITB nr 406/2005 [9]. W danych wyjściowych do obliczeń uwzględniono wartości laboratoryjne poszczególnych przegród skorygowane o 2 dB, zgodnie z PN-B-02151-3:1999 (czyli przyjęto tzw. wartości projektowe wskaźników izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1R}).

Przedstawione w dalszej części artykułu wyniki badań podano w postaci przedziału, w którym mieściła się większość wartości wskaźników izolacyjności akustycznej poszczególnych ścian badanych w konkretnych warunkach. Wyniki obliczeń przewidywanej izolacyjności akustycznej konkretnych rozwiązań uśredniono w ramach przedziału powierzchni badanych przegród (stąd wyniki obliczeń umieszczone w tablicach są wartościami przybliżonymi, zaokrąglonymi do 1 dB zgodnie z zasadami obliczania wskaźników izolacyjności akustycznej – patrz PN-EN ISO 717-1:1999).

3. Izolacyjność akustyczna ścian żelbetowych prefabrykowanych i monolitycznych

Przeprowadzono badania izolacyjności akustycznej w budynku ścian:

- żelbetowych prefabrykowanych, z płyt grubości 14 cm (płyty z kanałami do prowadzenia przewodów instalacji elektrycznej wewnątrz ściany) wykończonych tynkiem gipsowym 6 mm lub płytami gipsowo-kartonowymi przyklejonymi do ściany na całej powierzchni,

- żelbetowych prefabrykowanych, z płyt grubości 15 cm (płyty bez kanałów do prowadzenia przewodów jw.),
- żelbetowych monolitycznych grubości 20 cm.

Uzyskane wyniki badań w budynku, ich ocenę w świetle wymagań normowych oraz dane obliczeniowe dotyczące przewidywanych parametrów akustycznych konkretnych układów występujących w budynku: ściana międzymieszkaniowa / przegrody boczne przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Zestawienie wyników badań izolacyjności akustycznej ścian żelbetowych płytowych pełnych i ich ocena w stosunku do wymagań normowych według PN-B-02151-3:1999 na podstawie pracy [1]

Table 1. Specification of test results for acoustic insulation of solid slab reinforced concrete walls and their assessment with respect to the requirements of the PN-B-02151-3:1999 standard on the basis of [1]

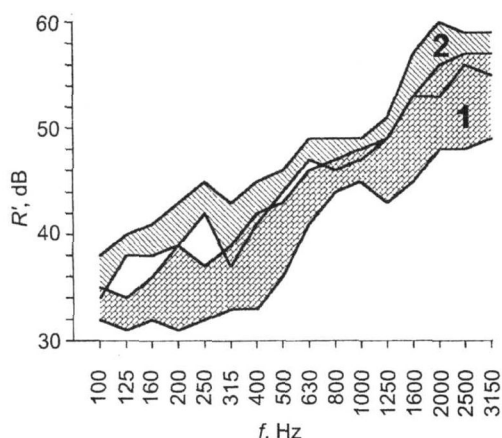
Ściana międzymieszkaniowa	Dane dot. budynku: a) stropy, b) ściany działowe, c) ściany zewn.	Wynik badania		Ocena wyników badania w stosunku do PN, dB	Obliczona izolacyjność ściany w budynku ² R'_{A1} , dB
		laborat. R_{A1R}^1 , dB	budynek R'_{A1} , dB		
Prefabrykowana 14 cm z kanałami elektrycznymi, powierzchnie ścian zatarte tynkiem gipsowym ok. 6 mm	a) płytowe 14 cm + pływająca podłoga, b) gipsowe 8 cm, c) z betonu kom. 24 cm + ocieplenie	52	41 ÷ 49	-9 ÷ -1	ok. 48 ÷ 49
Prefabrykowana 14 cm z kanałami elektrycznymi, powierzchnie oklejone płytami g-k	jw.	52	49 ÷ 50	-1 ÷ 0	ok. 49
Prefabrykowana 15 cm bez kanałów elektrycznych, powierzchnie ścian zatarte zaprawą cementowo-wapienną	a) płytowe 14 cm + pływająca podłoga, b) gipsowe 8 cm, c) z betonu kom. 24 cm + ocieplenie	53	50 ÷ 52 ³	0 ÷ 2	ok. 50 ÷ 51
Monolityczna 20 cm, powierzchnie zatarte zaprawą cementowo-wapienną	a) kanałowe 24 cm „ż” + pływająca podłoga, b) z bloków silikatowych drażonych 8 cm, c) brak danych	57	55	5	ok. 53 ÷ 54

¹ Wartość projektową wskaźnika izolacyjności akustycznej ścian w warunkach laboratoryjnych wyznaczono na podstawie prawa masy [10] bez uwzględnienia masy tynku oraz ewentualnego wpływu kanałów do prowadzenia przewodów elektrycznych wewnątrz płyt.

² Obliczono na podstawie metody uproszczonej podanej w PN-EN 12354-1:2002, zakładając sztywne węzły na obwodzie ściany międzymieszkaniowej; w obliczeniach uwzględniono konkretne warunki występujące w budynku (w tym powierzchnie badanych ścian).

³ Na 7 wyników badań jeden wyniósł $R'_{A1} = 49$ dB.

Z danych zawartych w tabelicy 1 wynika, że prowadzenie przewodów instalacji elektrycznych w kanałach płyt ściennych jest rozwiązaniem bardzo ryzykownym z akustycznego punktu widzenia. Przy wykończeniu powierzchni ściany tynkiem cienkowarstwowym izolacyjność akustyczna obniża się nawet do 8 dB w stosunku do wartości, jakiej należałoby oczekiwać ze względu na masę powierzchniową płyty. Korzystniejsze wyniki uzyskuje się, jeżeli sposób wykończenia ściany powoduje jej uszczelnienie, jak w przypadku zastosowania płyt gipsowo-kartonowych, bardzo dokładnie przyklejonych do ściany na całej jej powierzchni. Porównanie charakterystyk izolacyjności akustycznej tego rodzaju ścian przy dwóch rodzajach wykończenia powierzchni przedstawiono na rysunku 1. Generalnie należy jednak przyjąć, że niezależnie od szczegółów rozwiązania grubość płyty żelbetowej wynosząca 14 cm jest zbyt mała, aby możliwe było uzyskanie normowej izolacyjności akustycznej ściany międzymieszkaniowej. Wskazują na to zarówno wyniki badań, jak i obliczeń.



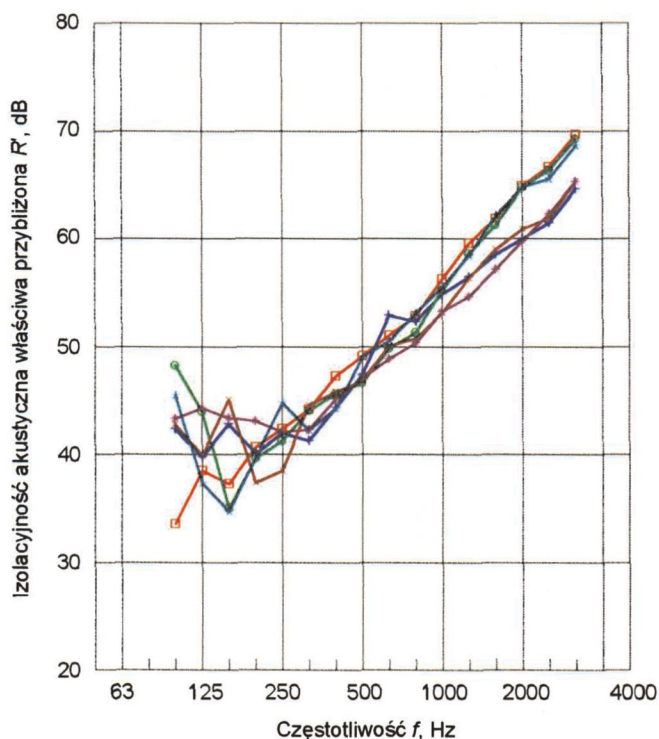
Rys 1. Obszary, w których mieszczą się charakterystyki izolacyjności akustycznej ściany z prefabrykowanych płyt żelbetowych grubości 14 cm z kanałami do prowadzenia przewodów elektrycznych: 1 – ściana zatarta tynkiem gipsowym 6 mm, 2 – ściana pokryta płytami gipsowo-kartonowymi przyklejonymi do elementów żelbetowych całą powierzchnią; przykłady wyników badań w budynku – patrz tabela 1
 Fig. 1. Areas including by the acoustic insulation characteristics for 14 cm (5.5") thick reinforced concrete prefabricated slabs with ducts for conducting of electric wiring: 1 – wall rendered with 6 mm (0.24") thick gypsum plaster, 2 – wall covered by gypsum plasterboards adhered to the concrete member over their entire surface; examples of test results inside the building test results (see table 1)

Pozytywny wynik w stosunku do wymagań normowych (odnośnie do izolacyjności od dźwięków powietrznych) uzyskano w przypadku ściany międzymieszkaniowej z płyt prefabrykowanych grubości 15 cm – płyty bez kanałów do prowadzenia instalacji elektrycznych (charakterystyki izolacyjności akustycznej właściwej – patrz rys. 2). Zaznaczyć należy, że wynik ten odnosi się także do ścian, w których wykonane były gniazda o średnicy około 50 mm i głębokości około 40 mm do osadzania osprzętu instalacji elektrycznej (nawet do 7 sztuk łącznej liczby gniazd po obu stronach ściany, usytuowanych z przesunięciem, tak że nie występowało miejscowe zmniejszenie grubości ściany poniżej 10 cm).

Ze względu na wpływ konstrukcji bocznych na izolacyjność akustyczną ścian wewnętrznych pozytywna ocena izolacyjności akustycznej ścian międzymieszkaniowych z elementów prefabrykowanych o grubości 15 cm może być traktowana jedynie jako wstępna, odnosząca się tylko do badanego układu (patrz tabela 1). Dotychczasowe wyniki badań wskazują jednak, że ten rodzaj ściany miałby szanse uzyskania bardziej uogólnionej

pozytywnej oceny akustycznej potwierdzonej znakiem jakości akustycznej AQ-ITB. Porównując uzyskane wyniki badań akustycznych ścian w budynku z obliczeniami według PN-EN 12354-1:2002 należy stwierdzić, że zgodność tych danych jest dość duża w przypadku, gdy w budynku nie występują czynniki obniżające izolacyjność akustyczną ściany, nie uwzględniane w metodzie obliczeniowej. Należy przy tym zaznaczyć, że w obliczeniach zastosowano – zgodnie z PN-B-02151-3:1999 – korektę minus 2 dB, pełniącą rolę współczynnika bezpieczeństwa akustycznego, a model obliczeniowy, który zakładał sztywne węzły między ścianą rozdzielającą pomieszczenia a przegrodami bocznymi, był prawidłowy, ponieważ badane ściany międzymieszkaniowe były ścianami konstrukcyjnymi.

W przypadku ścian monolitycznych uzyskano korzystniejsze wyniki badań niż obliczeń, co wskazuje na to, że w odniesieniu do tego rodzaju konstrukcji nie było niezbędne zastosowanie przewidzianej w PN-B-02151-3:1999 korekty minus 2 dB do parametrów akustycznych ściany odnoszących się do warunków laboratoryjnych.



Rys. 2. Charakterystyki izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej ścian z płyt prefabrykowanych grubości 15 cm (w płytach nie występują kanały do prowadzenia przewodów elektrycznych) – przykłady wyników badań w budynku

Fig. 2. Acoustic insulation characteristics for walls of 15 cm (5.9") thick prefabricated slabs (slabs without ducts for conducting of electric wiring) examples of test results inside the building

4. Izolacyjność akustyczna ścian ceramicznych

Badane ściany międzymieszkaniowe były ścianami wypełniającymi, zastosowanymi w budynkach o konstrukcji szkieletowej żelbetowej. Nie zdołano uzyskać wiarygodnych pełnych informacji na temat sposobu połączenia ścian z powierzchnią górnego stropu. Prawdopodobnie szczelina między górną krawędzią ściany a stropem wypełniana była zaprawą cementowo-wapienną lub wtryskiwaną pianką poliuretanową.

Wyniki badań ścian ceramicznych pojedynczych z cegły pełnej grubości 25 cm, z pustaków MAX grubości 28,8 cm oraz z pustaków z ceramiki poryzowanej grubości 25 cm zestawiono w tablicy 2. Obliczenia R'_{A1} w budynku – jak w tablicy 1.

Tablica 2. Zestawienie wyników badań izolacyjności akustycznej ścian ceramicznych i ich ocena w stosunku do wymagań normowych według PN-B-02151-3:1999 [1]

Table 2. Specification of test results for acoustic insulation of ceramic walls and their assessment with respect to the requirements of PN-B-02151-3:1999 standard on the basis of [1]

Ściana międzymieszkaniowa	Dane dot. budynku: a) stropy, b) ściany działowe, c) ściany zewn.	Wynik badania		Ocena wyników badania w stosunku do PN, dB	Obliczona izolacyjność ściany w budynku R'_{A1} , dB
		laborat. R_{A1R}^1 , dB	budynek R'_{A1} , dB		
Z cegły pełnej 25 cm, ² tynk gipsowy Knauf ok. 8 mm; ściana wypełniająca – szczelina pod stropem wypełniona pianką montażową	a) żelbetowe 22 cm typu FILIGRAN + pływająca podłoga b) z pustaków ceramicznych drażonych 11,5 cm typu P+W (ceramika poryzowana) c) z pustaków ceramicznych drażonych 18 cm typu P+W (ceramika poryzowana) ² + ocieplenie	53	52	+2	ok. 50
Z pustaków ceramicznych drażonych MAX 29 cm, ^{3,4} tynk cementowo-wapienny 15 mm	a) żelbetowy 22 cm typu FILIGRAN + pływająca podłoga, b) z pustaków ceramicznych drażonych 8–12 cm (ceramika zwykła), c) z pustaków ceramicznych MAX 29 cm, ³ + ocieplenie	48	48 ÷ 49	-2 ÷ -1	ok. 46
Z pustaków drażonych 25 cm (typu P+W) z ceramiki poryzowanej; tynk gipsowy ok. 8 mm (ściana wypełniająca ⁴)	a) żelbetowy monolityczny 24 cm + pływająca podłoga, b) z pustaków ceramicznych drażonych 11,5 cm typu P+W (ceramika poryzowana) lub gipsowe 8 cm c) z pustaków ceramicznych drażonych 25 cm typu P+W (ceramika poryzowana) + ocieplenie	50 ⁵	46 ÷ 49	-4 ÷ -1	47 ÷ 48

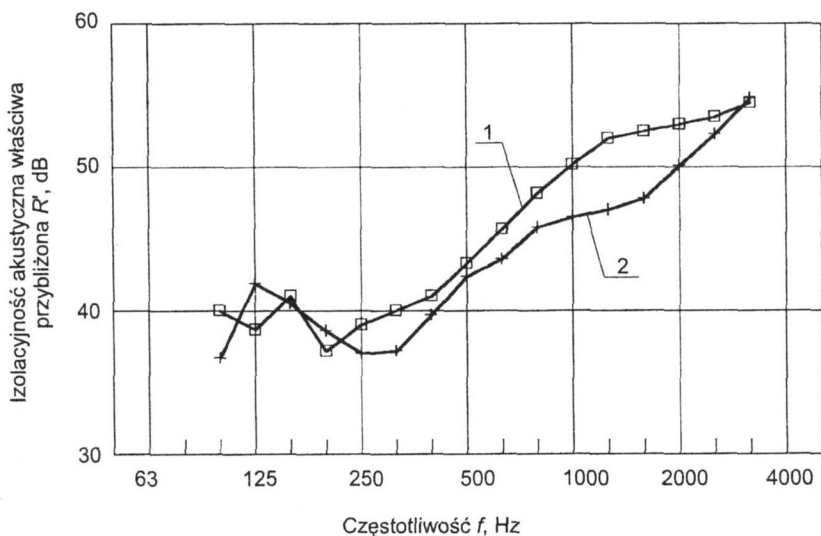
Ściana międzymieszkaniowa	Dane dot. budynku: a) stropy, b) ściany działowe, c) ściany zewn.	Wynik badania		Ocena wyników badania w stosunku do PN, dB	Obliczona izolacyjność ściany w budynku R'_{A1} , dB
		laborat. R_{A1R}^1 , dB	budynek R'_{A1} , dB		
Z pustaków drażonych 25 cm (typu P+W) z ceramiki poryzowanej; tynk gipsowy ok. 10–15 mm (ściana wypełniająca ⁴)	a) żelbetowy monolityczny 18 cm + pływająca podłoga, b) z pustaków ceramicznych drażonych 11,5 cm typu P+W (ceramika poryzowana), c) z pustaków ceramicznych drażonych 38 cm typu P+W (ceramika poryzowana)	50 ⁵	45 ÷ 47	-5 ÷ -3	ok. 46

¹ Wartość wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej określono na podstawie pomiarów laboratoryjnych wzorca ściany.
² Ściana międzymieszkaniowa i zewnętrzna nie były ze sobą bezpośrednio połączone, a dochodziły do słupa żelbetowego.
³ Ściany z pustaków MAX wewnętrzna i zewnętrzna były połączone węzłem murarskim.
⁴ Brak danych na temat sposobu zaizolowania szczeliny podstropowej (prawdopodobnie wypełnionej zaprawą cementowo-wapienną).
⁵ Wyniki badań laboratoryjnych dotyczą ściany z tynkiem dwustronnym cementowo-wapiennym grubości 15 mm, a więc nie w pełni odpowiadającej ścianom zastosowanym w budynku.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że poza tradycyjnym rozwiązaniem ściany z cegły pełnej grubości 25 cm żadna ze stosowanych powszechnie ścian wykonanych z pustaków ceramicznych drażonych nie spełnia wymagań dotyczących izolacyjności akustycznej ścian międzymieszkaniowych w budynkach wielorodzinnych.

Najgorsze wyniki, znacznie poniżej wartości wymaganych, uzyskano w przypadku ścian grubości 25 cm z pustaków drażonych typu P+W z ceramiki poryzowanej. Na rysunku 3 przedstawiono charakterystyki przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej jako wartości średnie z wyników pomiarów przeprowadzonych w budynkach ze ścianami zewnętrznymi wykonanymi z analogicznych jak ściana międzymieszkaniowa pustaków ceramicznych drażonych P+W grubości 25 cm z dodatkowymi warstwami izolacji termicznej wykonanej metodą lekką mokrą (krzywa 1) oraz w budynkach ze ścianami zewnętrznymi wykonanymi z pustaków drażonych z ceramiki poryzowanej P+W grubości 38 cm (krzywa 2). Z rysunku 3 wynika, że rodzaj ściany zewnętrznej ma wyraźny wpływ na wartość izolacyjności akustycznej ściany międzymieszkaniowej. Jest to związane ze zróżnicowanym w obu badanych przypadkach stopniem bocznego przenoszenia dźwięku w budynku, co jest konsekwencją zróżnicowanej izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej.

Różnice w izolacyjności akustycznej ściany z pustaków grubości 25 cm i 38 cm wynikają z różnych typów drażeń (patrz rys. 4). W przypadku ściany z pustaków z drażeniami rombowymi (ściana grubości 38 cm) obserwuje się występowanie zjawisk rezonansowych powodujących bardzo wyraźne obniżenie izolacyjności akustycznej ściany w paśmie częstotliwości rezonansowej. To niekorzystne zjawisko nie występuje w przypadku ściany z pustaków z ceramiki poryzowanej P+W grubości 25 cm, które mają drażenia prostokątne ułożone prostopadłe do powierzchni ściany.



Rys. 3. Średnie wartości krzywych izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej ścian grubości 25 cm z elementów drażnionych z ceramiki poryzowanej otynkowanych tynkiem gipsowym grubości 8 mm – przykłady wyników badań w budynku:

1 – ściana zewnętrzna z cegły poryzowanej drażnionej grubości 25 cm z warstwami ocieplającymi, 2 – ściana zewnętrzna z cegły poryzowanej drażnionej grubości 38 cm drażnieniami rombowymi (patrz rys. 4)

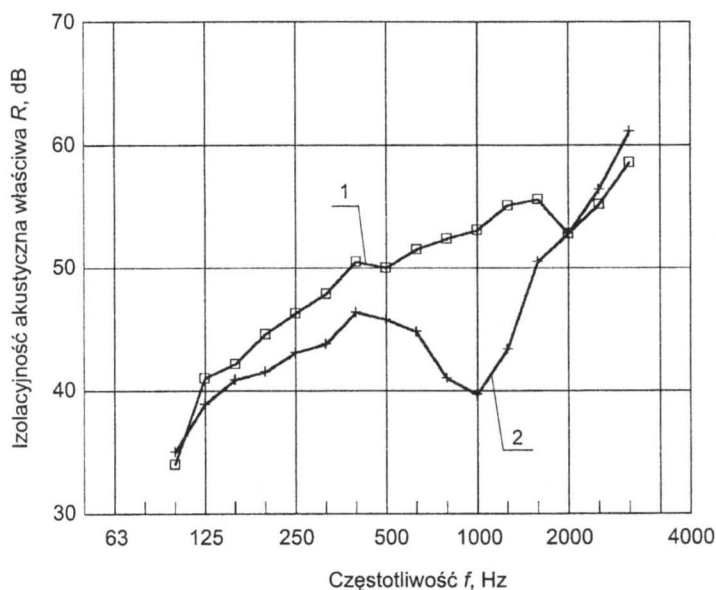
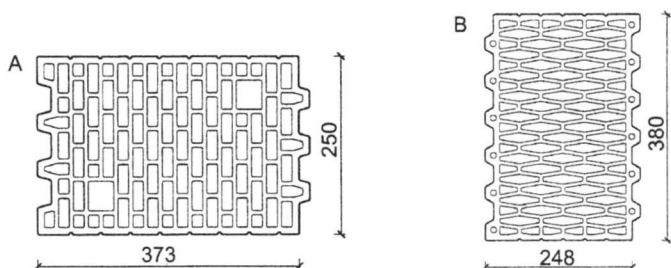
Fig. 3. Medium values of acoustic insulation characteristics for 25 cm (9.8") thick walls made of entrapped air ceramic hollow elements rendered with 8 mm (0.31") thick gypsum plaster – examples of test results inside the building: 1 – exterior wall of entrapped air hollow bricks of 25 cm (9.6") thick with insulation layers; 2 – exterior wall of entrapped air ceramic rhomboidal hollow bricks of 38 cm (15") thick – see fig. 4

Przy mniejszej izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej większy jest stopień bocznego przenoszenia dźwięku w budynku, a zatem mniejsza izolacyjność akustyczna ścian wewnętrznych. Potwierdzają to wyniki badań w budynkach przedstawione na rysunku 3, aczkolwiek różnice między przebiegami krzywych izolacyjności akustycznej w funkcji częstotliwości mogły być częściowo spowodowane również innymi czynnikami (np. różną jakością wykonawstwa), które nie mogły być zidentyfikowane w gotowych, zamieszkałych budynkach, w których przeprowadzono pomiary akustyczne.

Porównując wyniki badań izolacyjności akustycznej rozpatrywanych ścian w budynku z wynikami obliczeń prognozowanej izolacyjności akustycznej należy stwierdzić, że dane te nie w pełni się pokrywają. Jednak różnice nie są zasadnicze, jeżeli weźmie się pod uwagę, że obliczenia przeprowadzono przy uwzględnieniu korekcy laboratoryjnych wartości izolacyjności akustycznej przegród wynoszącej minus 2 dB (wg PN-B-02151-3:1999). Obliczenia natomiast prawidłowo wykazały kierunki zmian izolacyjności akustycznej ścian między-mieszkańowych w zależności od rodzaju ściany zewnętrznej w budynku.

Przeprowadzone wrywkowe badania akustyczne (nie uwzględnione w tablicy 2) wskazują, że korzystne właściwości akustyczne uzyskuje się, stosując ściany między-mieszkańowe wykonane ze specjalnych pustaków ceramicznych z drażnieniami (o dużych

wymiarach), które są wypełniane zaprawą cementowo-wapienną w trakcie wznoszenia ściany. Izolacyjność akustyczna tych ścian zależy jednak w dużym stopniu od jakości wykonawstwa (w tym przypadku – zastosowania tych ścian w budynkach o konstrukcji szkieletowej żelbetowej – od wypełnienia zaprawą ostatniej warstwy pustaków). Z tego względu ostateczną ocenę akustyczną tego rodzaju rozwiązań można będzie podać po przeprowadzeniu większej liczby badań kontrolnych w budynkach.



Rys. 4. Schematy pustaków drążonych z ceramiki porzowanej i odpowiadające im charakterystyki izolacji akustycznej ścian tynkowanych tynkiem cementowo-wapiennym grubości 15 mm: 1 – ściana z pustaków A, 2 – ściana z pustaków B (wyniki badań laboratoryjnych)

Fig. 4. Diagrams of entrapped air ceramic hollow blocks and the corresponding acoustic insulation characteristics of walls rendered with 15 mm (0.59") thick cement-lime plaster: 1 – wall of A type hollow blocks, 2 – wall of B type hollow blocks (results of laboratory tests)

Nie w pełni zadowalające wyniki uzyskano, stosując jako ściany międzymieszkaniowe w budynku ściany ceramiczne podwójne z wypełnieniem wełną mineralną o łącznej grubości 25 cm. Wszystkie badane rozwiązania, różniące się rodzajem ścianek składowych (różna grubość, różne rodzaje pustaków ceramicznych drażonych, w tym pustaki z ceramiki zwykłej i poryzowanej), charakteryzowały się wskaźnikami izolacyjności akustycznej $R_{A1} = 46\text{--}49$ dB, a więc poniżej wymagań normowych.

Wyniki badań w budynku stanowią potwierdzenie dotychczasowych poglądów na temat niekorzystnej izolacyjności akustycznej ścian podwójnych bez dylatacji (a więc rozwiązań, w których ściany składowe są połączone ze sobą wspólnymi płytami stropowymi i wspólną ścianą zewnętrzną). W takim przypadku w obszarze koincydencji ścian składowych następuje zwiększenie przenoszenia dźwięku drogami materiałowymi z jednej ściany składowej na drugą, w wyniku czego występuje obniżenie izolacyjności akustycznej całej ściany podwójnej. Możliwość uniknięcia tego zjawiska jest bardzo ograniczona przy stosowaniu ścian składowych o grubości 6–12 cm, które pozwalają na zachowanie grubości ściany międzymieszkaniowej około 25 cm.

5. Ściany z bloków silikatowych (ściany konstrukcyjne i wypełniające)

Bloki silikatowe – ze względu na właściwości wytrzymałościowe – mogą być wykorzystane do wykonywania zarówno ścian konstrukcyjnych, jak i wypełniających. Z punktu widzenia akustycznego są to zupełnie różne rozwiązania. Wyniki badań akustycznych w budynku ścian silikatowych o różnej grubości zestawiono w tabelicy 3.

Z przedstawionych danych wynika, że ściany z bloków silikatowych drażonych grubości 24 cm (łączenie na pióro-wpust) otynkowane tynkiem gipsowym 8 mm, zastosowane jako ściany konstrukcyjne w połączeniu ze ścianą zewnętrzną z analogicznych bloków silikatowych (złącze typu murarskiego) uzyskały parametry akustyczne zgodne z wymaganiami normowymi (charakterystyki izolacyjności akustycznej – patrz rys. 5). Wniosek ten dotyczy wyrobów o ściśle określonych parametrach technicznych (schemat drażeń, ukształtowanie obrzeży bloków, masa pojedynczego bloku) i ściśle określonej technologii wykonania ściany w budynku (w tym rozprowadzania przewodów instalacji elektrycznej w bruzdach wykonanych na budowie). Producent tych wyrobów dysponuje wynikami badań w budynku potwierdzającymi tę pozytywną ocenę. Ocena ta nie może być jednak uogólniana na inne zbliżone rozwiązania, na przykład ściany z bloków z kanałami do prowadzenia przewodów elektrycznych.

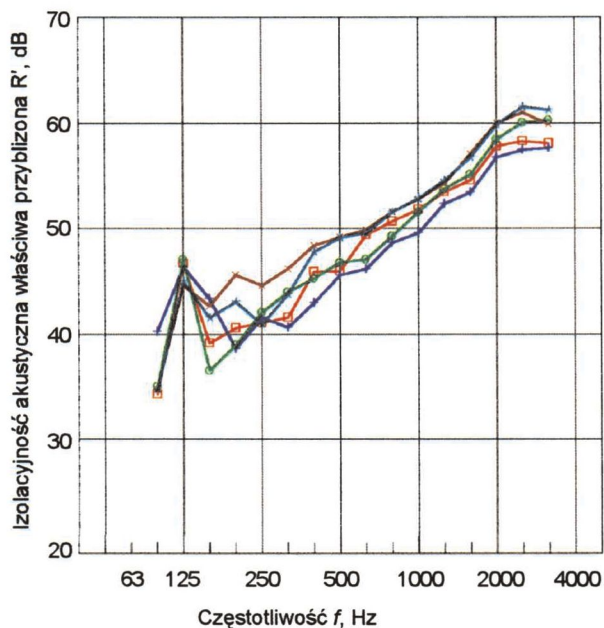
Obliczenia przewidywanej izolacyjności akustycznej ściany z bloków silikatowych drażonych grubości 24 cm, zastosowanych w budynku w warunkach jak w tabelicy 3 poz. 1, przy uwzględnieniu wartości projektowych wskaźnika R_{A1R} , dają wyniki nieco gorsze od wartości zmierzonych w budynku. Świadczy to o tym, że zastosowana zgodnie z PN-B-02151-3:1999 korekcja laboratoryjnych wartości wskaźnika R_{A1} wynosząca minus 2 dB stwarza zbyt duży margines „bezpieczeństwa akustycznego”. Spostrzeżenie to jest dodatkową przesłanką świadczącą o potrzebie i celowości ostatecznej oceny danego rozwiązania na podstawie badań kontrolnych w budynku.

Tablica 3. Zestawienie wyników badań izolacyjności akustycznej ścian silikatowych z elementów drażonych i ich ocena w stosunku do wymagań normowych według PN-B-02151-3:1999 [1]

Table 3. Specification of test results for acoustic insulation of calcium-silicate walls and their assessment with respect to the requirements of PN-B-02151-3:1999 standard on the basis of [1]

Lp.	Ściana międzymieszkaniowa	Dane dot. budynku: a) stropy b) ściany działowe c) ściany zewn.	Wyniki badania		Ocena wyników badania w stosunku do PN, dB	Obliczona izolacyjność ściany w budynku R'_{A1} , dB
			laborat. R_{A1R} , dB	budynek R'_{A1} , dB		
1	Ściana konstrukcyjna ¹ z bloków silikatowych drażonych 24 cm (typu P+W) z tynkiem gipsowym 8 mm; bloki bez kanałów do prowadzenia przewodów elektrycznych	a) żelbetowe kanałowe 22 cm „Z” + pływająca podłoga, b) z bloków silikatowych 24 cm (jak ściana międzymieszkaniowa) lub gipsowe 8 cm (z przekładką korkową), c) z bloków silikatowych drażonych 24 cm, ¹ + ocieplenie	52	50 ÷ 52	0 ÷ 2	ok. 50
2	Ściana wypełniająca z bloków silikatowych jw. z tynkiem gipsowym 8 mm; szczelina podstropowa wypełniona zaprawą cementowo-wapienną	a) żelbetowe monolityczne 24 cm + pływająca podłoga, b) gipsowe 8 cm (z przekładką obwodową z korka), c) z pustaków z ceramiki poryzowanej 18 cm (typu P+W) + ocieplenie	52 ²	50 ³	0	–
3	Ściana wypełniająca z bloków silikatowych jw., z tynkiem gipsowym 8 mm; szczelina podstropowa wypełniona wełną mineralną	jw.	52 ²	48	–2	–

¹ Między ścianą wewnętrzną i zewnętrzną połączenie typu murarskiego.
² Wskaźnik izolacyjności akustycznej ściany bez uwzględnienia wpływu szczeliny.
³ Wynik pojedynczy; w innym budynku, w którym pomieszczenia przyległe do badanej ściany nie były w pełni wykończone (ściany boczne z pustaków ceramicznych typu P+W nie zostały otynkowane) uzyskano wyniki $R'_{A1} = 45-48$ dB.



Rys. 5. Charakterystyki izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej ścian konstrukcyjnych z bloków silikatowych grubości 24 typu P+W (bez kanałów do prowadzenia przewodów instalacji elektrycznych) tynkowanych tynkiem gipsowym 8 mm – przykłady wyników badań w budynku (ściana zewnętrzna z analogicznych bloków silikatowych – połączenie ze ścianą wewnętrzną międzymieszkaniową węzłem „muruwym”)

Fig. 5. Acoustic insulation characteristics for structural walls of 24 cm (9.5") thick type P+W calcium-silicate blocks (without ducts for conducting of electric wiring) rendered with in 8 mm (0.31") thick gypsum plaster – examples of test results inside the building (exterior wall with analogous calcium-silicate blocks – joint to the interior wall by a „masonry” bond)

Izolacyjność akustyczna ścian z bloków silikatowych drażonych grubości 24 cm (łączenie na pióro-wpust), zastosowanych jako ściany wypełniające, zależy w bardzo dużym stopniu od rozwiązania szczegółów połączenia ściany na obwodzie z przegrodami bocznymi. Szczególnie newralgicznym miejscem jest połączenie ściany ze stropem górnym (ze względu na ugięcie stropów pozostawiana jest szczelina 1–2 cm, która powinna być odpowiednio zabezpieczona na budowie). Szczelina podstropowa powinna charakteryzować się izolacyjnością akustyczną nie mniejszą niż izolacyjność ściany, aby nie powodować dodatkowego przenikania tą drogą energii akustycznej między pomieszczeniami. Zastosowanie szczeliny podstropowej zaizolowanej elastycznym wypełnieniem powoduje zmiany stopnia bocznego przenoszenia dźwięku przez górną płytę stropową, a ponadto wpływa na zmianę izolacyjności akustycznej samej ściany ze względu na zmianę warunków jej zamocowania i odpromieniowania energii akustycznej. Przeprowadzone badania wskazują na pewne wzajemne zależności między tymi czyn-

nikami, jednak sformułowanie ostatecznych wniosków w tym zakresie nie jest jeszcze możliwe. Sposób wykonania szczeliny podstropowej powinien być traktowany jako element konkretnego rozwiązania systemowego ściany.

Z dotychczasowych pomiarów przeprowadzonych w budynku, a także obliczeń uwzględniających izolacyjność akustyczną ścian w warunkach laboratoryjnych wynika, że ściany z bloków silikatowych drążonych o grubości 18 cm nie uzyskują w budynku izolacyjności akustycznej spełniającej wymagania dla ścian międzymieszkaniowych.

Znaczne obniżenie izolacyjności akustycznej ściany międzymieszkaniowej z bloków silikatowych może być spowodowane nieprawidłowym wykonaniem muru oraz nieprawidłowym sposobem wykończenia ściany.

Ogólnie znane jest zjawisko, że wykończenie powierzchni ściany płytami gipsowo-kartonowymi zamocowanymi na plackach gipsowych powoduje obniżenie wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej ściany o 1–3 dB. To obniżenie izolacyjności akustycznej związane jest z działaniem układu rezonansowego, jakim staje się płyta gipsowo-kartonowa i zamknięta między tą płytą a powierzchnią ściany warstwa powietrza o przeciętnej grubości 15–20 mm. Płyta gipsowo-kartonowa zamocowana na plackach nie pełni roli warstwy uszczelniającej (pod względem akustycznym) ścianę o konstrukcji murowej, jak to ma miejsce przy wykonaniu tradycyjnych tynków, na przykład cementowo-wapiennych. W związku z tym ściany z bloków silikatowych drążonych typu P+W grubości 24–25 cm z wykończeniem powierzchni płytami gipsowo-kartonowymi będą charakteryzowały się wskaźnikiem oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej R_{A1} nawet poniżej 40 dB. Zbliżoną wartością wskaźnika izolacyjności akustycznej będą się charakteryzowały także ściany z bloków silikatowych przeznaczonych do tradycyjnego murowania, jeżeli nie zostaną dokładnie wykonane spoiny między blokami (dotyczy to w szczególności wykonawstwa spoin pionowych). Z takim przypadkiem spotkano się podczas przeprowadzania badań w budynkach.

Niekorzystny wpływ wykończenia powierzchni ściany płytami gipsowo-kartonowymi na jej izolacyjność akustyczną dotyczy nie tylko ścian z bloków silikatowych, ale wszystkich konstrukcji masywnych, szczególnie konstrukcji murowych (także ceramicznych).

6. Podsumowanie wyników badań

Przeprowadzone badania wykazały, że gama stosowanych w Polsce rozwiązań masywnych ścian międzymieszkaniowych, które mogą zapewnić izolacyjność akustyczną w budynku odpowiadającą wymaganiom podanym w PN-B-02151-3:1999, jest bardzo ograniczona. Należą do nich ściany z cegły pełnej, ściany żelbetowe grubości $h \geq 15$ cm oraz ściany z bloków silikatowych drążonych grubości 24 cm (konkretne rozwiązania, sprawdzone pod względem akustycznym). Ta pozytywna ocena nie jest bezwzględna, ponieważ zależy od szczegółów rozwiązań samej ściany, rodzaju zastosowanego tynku, a także warunków zastosowania w budynku. Można więc stwierdzić, że z punktu widzenia akustycznego zawsze należy mówić o systemie obejmującym przegrodę rozdzielającą dane pomieszczenia oraz wszystkie przyległe do niej przegrody boczne, a także o sposobie rozwiązania węzłów między nimi.

Oceniając – ze względu na izolacyjność od dźwięków powietrznych – przydatność danego wyrobu do wykonywania ścian międzymieszkaniowych należy uznać, że ocena oparta na wynikach badań laboratoryjnych i obliczeniowym określeniu przewidywanej izolacyjności akustycznej w budynku nie jest wystarczająca. Są to jedynie dane wstępne, które powinny być zweryfikowane badaniami w budynku.

Należy mieć na uwadze, że badany w laboratorium wzorzec ściany z danego wyrobu nie w pełni odpowiada warunkom rzeczywistym ze względu na:

- inne niż w laboratorium warunki zamocowania ściany w budynku,
- w wielu przypadkach brak możliwości odtworzenia we wzorcu wszystkich szczegółów rozwiązania, które występują w budynkach (np. prowadzenie w kanałach w ścianie przewodów instalacji elektrycznej z wyprowadzeniem ich do gniazd elektrycznych).

Z tego względu w PN-B-02151-3:1999 podane jest zalecenie wprowadzania korekty wynoszącej minus 2 dB do wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej określonych na podstawie badań laboratoryjnych; dopiero taka wartość wskaźnika powinna być wykorzystywana w pracach projektowych. Jest to traktowane jako współczynnik bezpieczeństwa akustycznego.

Z doświadczeń Zakładu Akustyki wynika, że nie we wszystkich przypadkach zastosowanie tego współczynnika jest wystarczające, aby nawet przy zgodnym z PN-EN uwzględnieniu stopnia bocznego przenoszenia dźwięku w budynku można było mieć pewność, że prognozowana wartość izolacyjności akustycznej ściany w budynku jest prawidłowa i spełni przyjęte wymagania akustyczne. Z drugiej strony występują przypadki, w których dwudocybelowy współczynnik bezpieczeństwa akustycznego nie jest w pełni wykorzystany, co oznacza, że rzeczywista wartość izolacyjności akustycznej ściany w budynku jest nieco większa od obliczonej wartości prognozowanej.

Istniejące metody obliczania izolacyjności od dźwięków powietrznych ścian wewnętrznych w budynkach na podstawie określonej w warunkach laboratoryjnych izolacyjności akustycznej wzorców tych ścian (PN-EN 12354-1:2002) nie są w pełni zweryfikowane (i należy założyć, że nigdy nie będą – ze względu na dużą różnorodność konstrukcji i bardzo istotny czynnik, jakim jest jakość wykonawstwa). Obliczenia według ww. normy należy więc traktować jako wstępne – ostateczna ocena powinna być przeprowadzona na podstawie badań, a zbadane sytuacje, w przypadku których uzyskano wyniki spełniające wymagania akustyczne PN-B-02151-3:1999, powinny być następnie traktowane jako wzorcowe.

Podkreślić należy, że przedstawione w artykule wyniki badań i ich ocena dotyczy wyłącznie izolacyjności ścian od dźwięków powietrznych. Zupełnie innym zagadnieniem jest przenoszenie dźwięków materiałowych przez ściany, do których zamocowane są urządzenia i przewody instalacji, na przykład wodociągowych. W takich przypadkach występuje przenoszenie dźwięków drogą materiałową, co powinno być ograniczane przez stosowanie odpowiednich zabezpieczeń przeciwdrganiowych urządzeń i przewodów instalacyjnych. W takiej sytuacji wpływ konstrukcji ściany jest istotny, ale nie decydujący.

Bibliografia

- [1] Szudrowicz B.: Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach na podstawie badań. Praca badawcza ITB NA-47. Sprawozdanie końcowe 2005; maszynopis, biblioteka ITB

- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002, nr 75, poz. 690; zmiany: Dz.U. 2003, nr 33, poz. 270; Dz.U. 2004, nr 109, poz.1156)
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. wprowadzające załącznik do rozporządzenia z dnia 12 kwietnia 2002 r.: Wykaz norm polskich przywołanych w rozporządzeniu (Dz.U. 2004, nr 109, poz.1156)
- [4] PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania
- [5] Nowicka E., Szudrowicz B.: Wpływ czasu pogłosu na ocenę izolacyjności akustycznej przegród międzymieszkaniowych. 51 Konferencja Naukowa KILIW PAN i Komitetu Nauki PZITB Krynica 2005. Materiały konferencyjne, tom Fizyka budowli, s. 235–243
- [6] PN-EN ISO 140-4:1999 Akustyka. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Pomiarы terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami
- [7] PN-EN ISO 7171:1999 Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków powietrznych
- [8] PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych
- [9] Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami według PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002. Poradnik. Seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki. ITB, Warszawa 2004
- [10] Instrukcja ITB nr 369/2002 Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów

ASSESSMENT OF ACOUSTIC INSULATION OF EXEMPLARY SOLUTIONS FOR INTERDWELLING PARTITION WALLS IN CURRENTLY ERECTED MULTIFAMILY BUILDINGS

Summary

Studies of the acoustic insulation properties of walls built between dwelling units in newly erected multifamily buildings were conducted in the years 2004–2005 within the framework of ITB statutory activities. Acoustic tests included reinforced concrete walls (prefabricated and monolithic), ceramic walls, and walls of calcium-silicate hollow blocks. The results of tests were evaluated with respect to the requirements stated in the PN-B-02151-3:1999 standard. The analysis of results was conducted with taking into account the conditions of use of specific walls in buildings, applying the principles resulting from the sound propagation model for buildings (model as described in PN-EN 12354-1:2002). The assessment of the walls is exclusively concerned with the airborne sound insulation. It does not cover the phenomenon of possible propagation of the material sounds through the wall, which may occur in case of fastening of the installation ducts.

Praca wpłynęła do Redakcji 8 II 2006