

## PROJEKTOWE I RZECZYWISTE WARTOŚCI IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ W BUDYNKACH

Marek JABŁOŃSKI\*

\* Politechnika Łódzka, Katedra Fizyki Budowli i Materiałów Budowlanych  
Al. Politechniki 6, 90-924 Łódź, e-mail: Marek.Jablonski@p.lodz.pl

**Streszczenie:** W pracy wytypowano kilka rozwiązań projektowych, dla których przewidziano w sposób teoretyczny, znanymi metodami, izolacyjność akustyczną wynikającą z założeń projektu oraz z przyjętych rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych. Następnie dla tych samych przegród, w warunkach rzeczywistych, pomierzono izolacyjność akustyczną wcześniej analizowanych przegród i porównano ją z obliczoną teoretycznie na etapie projektowania.

**Słowa kluczowe:** izolacyjność akustyczna, przenoszenie boczne, przegrody budowlane, pomiary akustyczne.

### 1. WSTĘP

Życie w XXI wieku to życie w nieustannym pośpiechu, hałasie i presji. Konsekwencją tego jest zmęczenie, stres czy inne dolegliwości chorobowe. Ponieważ współczesne życie narzuca zbyt duże tempo, człowiek pragnie spokoju, a to nieustanne poszukiwanie ciszy przyczynia się alienowania się i odosobnienia. Całe to zagrożenie hałasem i wibracjami wiąże się z postępem technicznym i cywilizacyjnym. Jednak ostatnimi czasy zostały opracowane liczne sposoby zapobiegania powstawania nadmiernego hałasu i wibracji.

Jednym z istotnych zagadnień przy projektowaniu pod względem izolacyjności od dźwięków powietrznych budynku jest dobór rozwiązań materiałowo - konstrukcyjnych przegród wewnętrznych zapewniający uzyskanie wymaganej izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami. Budynki powinny być projektowane z zachowaniem obowiązujących norm odnośnie izolacyjności akustycznej. Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej określone są w normie PN-B-02151-3:1999 w postaci minimalnej przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegród wewnętrznych. Wielkości te, odnoszące się do właściwości akustycznych przegród w budynku, obejmują wszystkie drogi transmisji dźwięku występujące między

danymi pomieszczeniami [1]. Właściwe zaprojektowanie pod względem akustycznym budynku wymaga więc identyfikacji tych dróg, określenia stopnia transmisji dźwięku przez te drogi i wpływu tej transmisji na właściwości dźwiękoizolacyjne przegród rozdzielających pomieszczenia [2].

### 2. OBLICZENIA I POMIARY IZOLACYJNOŚCI AKUSTYCZNEJ

W pracy analizowano pod względem izolacyjności akustycznej przegrody wykonane z betonu 20cm. Przegrody te rozdzielały pomieszczenia o różnych funkcjach. Różniły się również powierzchnią (miały różne długości i wysokości).

Wytypowane rozwiązania projektowe posłużyły do przewidzenia w sposób teoretyczny (obliczenia), znanymi metodami, izolacyjności akustycznej wynikającej z założeń projektu oraz z przyjętych rozwiązań materiałowo – konstrukcyjnych.

Wskaźniki izolacyjności akustycznej obliczano metodą przybliżoną, szacunkową i dokładną, wykorzystując do tego normy, instrukcje ITB oraz program komputerowy ACOUBAT.

Następnie dla tych samych przegród, w warunkach rzeczywistych, pomierzono izolacyjność akustyczną i porównano ją z obliczoną teoretycznie na etapie projektowania.

Przeprowadzanie pomiarów akustycznych było elementem sprawdzającym, mającym na celu porównanie wartości izolacyjności przegród deklarowane w projekcie (obliczone teoretycznie) z uzyskanymi z pomiarów w stanie rzeczywistym.

### 3. METODY OBLICZENIOWE

Odróżnia się cztery metody obliczeniowe pozwalające na oszacowanie izolacyjności akustycznej przegrody wewnętrznej w budynku przy uwzględnieniu bocznego przenoszenia dźwięku [3]:

- a) metodę dokładną – według PN-EN 12354-1:2002 [3],
- b) metodę uproszczoną – według PN-EN 12354-1:2002,
- c) metodę szacunkową – uproszczoną w stosunku do metod podanych według PN-EN 12354-1:2002, opracowaną w Zakładzie Akustyki ITB przy uwzględnieniu modelu uproszczonego zgodnie z PN-EN,
- d) metodę przybliżoną – według PN-B-02151-3:1999 [4] (rozdział 7 i załącznik D powyższej normy).

Wymienione metody obliczeniowe odnoszą się do sytuacji spełniającej następujące warunki:

- pomieszczenia bezpośrednio przylegają do siebie (w poziomie i pionie)
- rodzaje przegród bocznych w stosunku do przegrody działowej są przy danej krawędzi takie same w pomieszczeniach nadawczym i odbiorczym,
- powierzchnie przegrody działowej i przegród bocznych nie przekraczają przeciętnych wartości występujących w budynkach mieszkalnych i budynkach użyteczności publicznej,
- węzły między przegrodą działową i przegrodami bocznymi odpowiadają schematom podanym w PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002.

### 3.1. Metoda dokładna wg PN-EN 12354-1:2002

Metoda dokładna odnosi się do obliczeń w poszczególnych pasmach częstotliwości, w wyniku czego uzyskuje się charakterystykę  $R'$  przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej w funkcji częstotliwości, na podstawie której wyznacza się wskaźnik jednolicebny  $R'_{AI}$  oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej według PN-EN ISO 717-1:1999 (przyjmując  $R'_{A1} = R_w + C$  oraz  $R'_{A2} = R_w + C_w$ ).

Zakres niezbędnych do obliczeń danych wejściowych, model obliczeniowy, wzory obliczeniowe, tok obliczeń i dodatkowe ograniczenia metody podane są w p. 4.2 normy PN-EN 12354-1:2002.

### 3.2. Metoda uproszczona wg PN-EN 12354-1:2002

Metoda uproszczona odnosi się do obliczeń przeprowadzonych bezpośrednio we wskaźnikach  $R_w$ . W wyniku obliczeń uzyskuje się wartość ważonego wskaźnika przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_w$  przegrody działowej.

Zakres niezbędnych do obliczeń danych wejściowych, model obliczeniowy, wzory obliczeniowe, tok obliczeń i dodatkowe ograniczenia metody podane są w p. 4.4 normy PN-EN 12354-1:2002.

### 3.3. Metoda szacunkowa

W metodzie szacunkowej określa się wskaźnik oceny  $R'_{AI}$  przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody rozdzielającej pomieszczenia według wzoru:

$$R'_{AI} = R_{AIR} - K_a \quad (1)$$

gdzie:

$R'_{AI}$  – wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody w budynku, rozdzielającej rozpatrywane pomieszczenia, przy uwzględnieniu bocznego przenoszenia dźwięku drogami materiałowymi,

$R_{AIR}$  – wartość projektowa wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnego przegrody w budynku, rozdzielającej rozpatrywane pomieszczenia, bez uwzględnienia bocznego przenoszenia dźwięku, w którym skorygowano (zmniejszono) o 2 dB końcowy wynik zgodnie z PN-B-02151-3:1999,

$K_a$  – wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na wartość wskaźnika oceny  $R'_{AI}$  przybliżonej izolacyjności akustycznej przegrody rozdzielającej dane pomieszczenia w budynku ( $K_a \geq 0$ ).

Wartość projektową wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej  $R_{AIR}$  przegrody rozdzielającej pomieszczenia można przyjmować na podstawie aprobat technicznych ITB [4], a także na podstawie innych materiałów dostarczonych przez wytwórcę lub dostawcę wyrobu.

Wartość poprawki  $K_a$  zależna jest od:

- izolacyjności akustycznej właściwej przegrody działowej (wskaźnika  $R_{AIR}$ ) i jej masy powierzchniowej,
- rodzaju przegród bocznych w stosunku do przegrody rozdzielającej pomieszczenia, scharakteryzowanych przez ich izolacyjność akustyczną właściwą (wskaźnika  $R_{AIR}$ ) i masę powierzchniową,
- rodzaju węzłów między przegrodą działową a przegrodami bocznymi (węzeł krzyżowy lub T-owy),
- długości krawędzi jaką tworzy przegroda działowa z poszczególnymi przegrodami bocznymi i wynikającej stąd wielkości powierzchni przegrody działowej.

Zakres stosowania metody zależny jest od zakresu wyznaczania poprawki  $K_a$ . Poprawka może zostać wyznaczona na podstawie obliczeń metodą uproszczoną zgodnie z PN-EN 12354-1:2002 przy następujących założeniach odnośnie układów funkcjonalnych i rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych przegród działowych i bocznych:

- rozpatruje się zestaw dwóch pomieszczeń o kształcie prostopadłościennym, z których jedna ze ścian jest ściana

zewnątrzną budynku, przegrody boczne (o jednakowej konstrukcji) w obu pomieszczeniach usytuowane w taki sposób, że przegroda boczna w jednym pomieszczeniu znajduje się na przedłużeniu przegrody bocznej w drugim pomieszczeniu,

- w przypadku masywnych przegród zarówno działowej, jaki bocznych, w tym ściany zewnętrznej przyjmuje się, że połączenia między nimi są połączeniami sztywnymi, a wskaźnik redukcji drgań w poszczególnych węzłach może być obliczany według podanych w PN-EN 12354-1:2002 jak dla węzłów bez przekładek elastycznych, z wyjątkiem ścian bocznych gipsowych, przy których przyjęto także wariant rozwiązania z przekładką elastyczną na obwodzie,

- jako przegrody rozdzielające pomieszczenia (w stosunku do których określa się wartości wskaźnika  $R'_{AI}$ ) przyjęto:

- przegrody ścienne masywne – betonowe (żelbetowe) płytowe, z betonu komórkowego, ceramiczne z elementów pełnych i drażonych, wapienno-piaskowe z elementów drażonych,
- przegrody ścienne o konstrukcji lekkiej z płyt gipsowo-kartonowych na kształtownikach zimnogiętych,
- przegrody stropowe – żelbetowe płytowe i kanałowe, gęstożebrowe z wypełnieniem pustakami ceramicznymi z pływakami podłogami i bez podłóg pływających,

jako ściany zewnętrzne przyjęto:

- ściany masywne betonowe z układami ocieplającymi,
- ściany z betonu komórkowego różnych odmian i różnej grubości z układami ocieplającymi i bez,
- ściany z elementów drażonych z ceramiki poryzowanej z ocieplaniem lub bez,
- ściany z elementów drażonych z wapienno-piaskowych z ocieplaniem,

jako ściany wewnętrzne działowe (boczne) przyjęto:

- ściany masywne betonowe (żelbetowe) płytowe, ściany z elementów z betonu komórkowego, z elementów ceramicznych drażonych, gipsowe, z elementów wapienno-piaskowych drażonych,
- ściany lekkie z płyt gipsowo-kartonowych (STG) na kształtownikach zimnogiętych.

### 3.4. Metoda przybliżona

Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej przybliżonej przegrody wewnętrznej w budynku można wyznaczyć na podstawie przybliżonego wzoru:

$$R'_{AI} = R_{AI} - 2 - K \quad (2)$$

gdzie:

$R'_{AI}$  – wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody w budynku wyznaczony wg rozdziału 7 normy PN-B-02151-3:1999, [dB],

$R_{AI}$  – wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej przegrody w budynku  $R_{AI} = R_w + C$ , [dB],

$C$  – widmowy wskaźnik adaptacyjny, [dB],

2 dB - korektę o wartości 2dB ze względu na niedokładności wyznaczenia wskaźnika na podstawie pomiarów laboratoryjnych, różny stopień odtworzenia w badanym wzorcu cech materiałowo - konstrukcyjnych oraz ewentualne niedokładności wykonawstwa zalecana w normie PN-B-02151-3:1999

$K$  – poprawka określająca wpływ bocznego przenoszenia dźwięku na wartość wskaźnika oceny  $R'_{AI}$  przegrody w budynku, przyjmowana w zależności od masy powierzchniowej przegrody działowej i średniej masy powierzchniowej przegród bocznych, wyznaczoną zgodnie z załącznikiem D normy PN-B-02151-3:1999, [dB].

Średnią masę powierzchniową przegród bocznych [ $\text{kg/m}^2$ ], od której zależy wartość poprawki  $K$  należy obliczyć z wyrażenia:

$$m_{b,sr} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n S_{bi}} \sum_{i=1}^n (m_{bi} \cdot S_{bi}) \quad (3)$$

gdzie:

$m_{bi}$  – masa powierzchniowa i-tej przegrody bocznej, [ $\text{kg/m}^2$ ],

$S_{bi}$  – powierzchnia i-tej przegrody bocznej (po odliczeniu powierzchni otworów drzwiowych lub okiennych w przegrodzie), [ $\text{m}^2$ ],

$n$  – liczba uwzględnionych przegród bocznych,

lub jeśli przegroda ma kształt prostokąta o stosunku boków nie przekraczających 1 : 1.5, to zamiast wzoru (3) można stosować wzór:

$$m_{b,sr} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^n m_{bi} \quad (4)$$

Wyznaczanie wpływu bocznego przenoszenia dźwięku na izolacyjność akustyczną dobieranej przegrody wewnętrznej na podstawie załącznika informacyjnego D do PN-B-02151-3:1999 w momencie wprowadzenia normy PN-EN 12354-1:2002 przestało obowiązywać, jednak część z budynków była projektowana przed wprowadzeniem tej normy. Obecnie prognozowane wartości wskaźnika  $R'_{AI}$  uwzględniające wpływ bocznego przenoszenia dźwięku należy obliczać wg normy PN-EN 12354-1:2002.

## 4. ANALIZOWANE PRZYPADKI

W pracy analizowano przegrody wykonane z betonu 20cm. Przegrody miały różne wymiary (różne powierzchnie), dzieliły pomieszczenia o różnych objętościach i różnych funkcjach.

Rozpatrzono cztery przypadki.

**Przypadek 4.1.**

W pierwszym przypadku analizowano przegrodę działową wykonaną z betonu grubości 20cm rozdzielającą pomieszczenia w budynku mieszkalnym jednorodzinny bliźniaczym dwulokalowym. Ściany wewnętrzne wykonano z betonu grubości 20cm, ściany zewnętrzne wykonano z pustaka POROTHERM 18 P+W oraz 12cm styropianu. Stropy zaprojektowano jako: parkiet, podkład betonowy, izolacja akustyczna 2cm styropian F20, izolacja paroszczelna, strop żelbetowy 15cm, tynk YTONG 0,5cm. Wymiary zgodne z projektem architektoniczno-budowlanym.

**Przypadek 4.2.**

W drugim przypadku analizowano dwie przegrody. Były to przegrody międzymieszkaniowe w budynku wielorodzinnym, wykonane z betonu grubości 20cm. Ściany wewnętrzne wykonano z betonu grubości 20cm, ściany zewnętrzne wykonano z bloczków drążonych wapienno-piaskowych. Stropy zaprojektowano jako żelbetowe monolityczne gr.20cm krzyżowo zbrojone. Wymiary zgodne z projektem architektoniczno-budowlanym.

**Przypadek 4.3.**

W trzecim przypadku analizowano dwie przegrody. Były to przegrody międzymieszkaniowe w budynku wielorodzinnym, wykonane z betonu grubości 20cm. Ściany wewnętrzne wykonano z betonu grubości 20cm, ściany zewnętrzne wykonano z pustaka POROTHERM 25 P+W oraz 12cm styropianu. Stropy zaprojektowano jako strop żelbetowy 20cm. Wymiary zgodne z projektem architektoniczno-budowlanym.

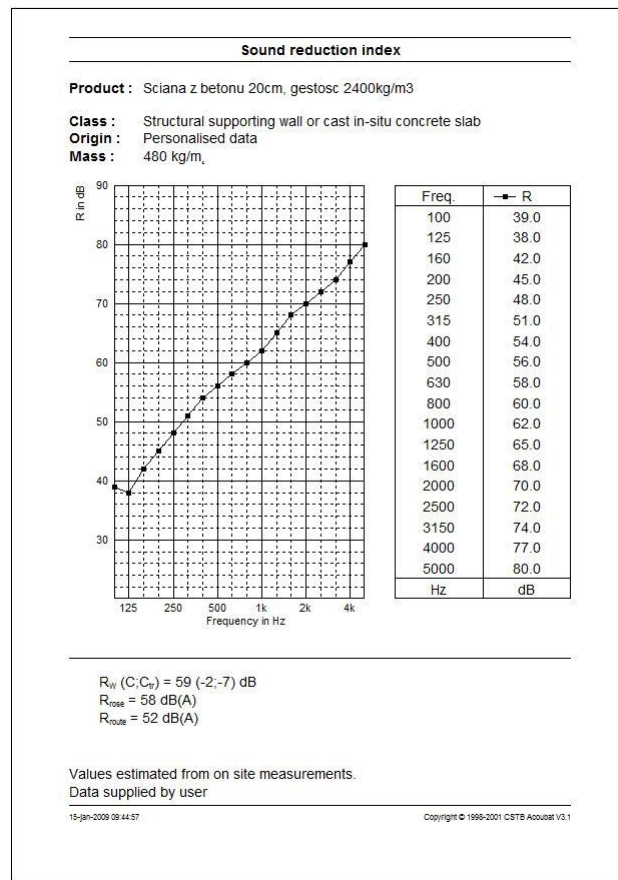
**Przypadek 4.4.**

W czwartym przypadku analizowano dwie przegrody. Były to przegrody międzymieszkaniowe w budynku wielorodzinnym, wykonane z betonu grubości 20cm. Ściany wewnętrzne wykonano z pustaka Pd1, ściany zewnętrzne wykonano z pustaka POROTHERM 18.8 P+W oraz 10cm styropianu. Stropy zaprojektowano jako strop żelbetowy 20cm. Wymiary zgodne z projektem architektoniczno-budowlanym.

**5. PRZYJĘTE MATERIAŁY I ICH WSKAŹNIKI**

Wskaźniki izolacyjności akustycznej poszczególnych elementów w budynku, przyjętych zgodnie z Projektem (część architektoniczno-budowlana), uzyskano z Instrukcji ITB nr 369/2002 [6], Bazy danych 2000 - Materiały, wyroby i ustroje, opracowanej przez Instytut Techniki Budowlanej wraz z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie oraz Centralnym Instytutem Ochrony Pracy w Warszawie i Instytutem Techniki Ciepłej w Łodzi, bazy programu Acoubat v.2.1 firmy CSTB oraz z Aprobat Technicznych i od producentów.

Przykładowe dane izolacyjności ściany betonowej 20cm przedstawiono na rysunku 1.

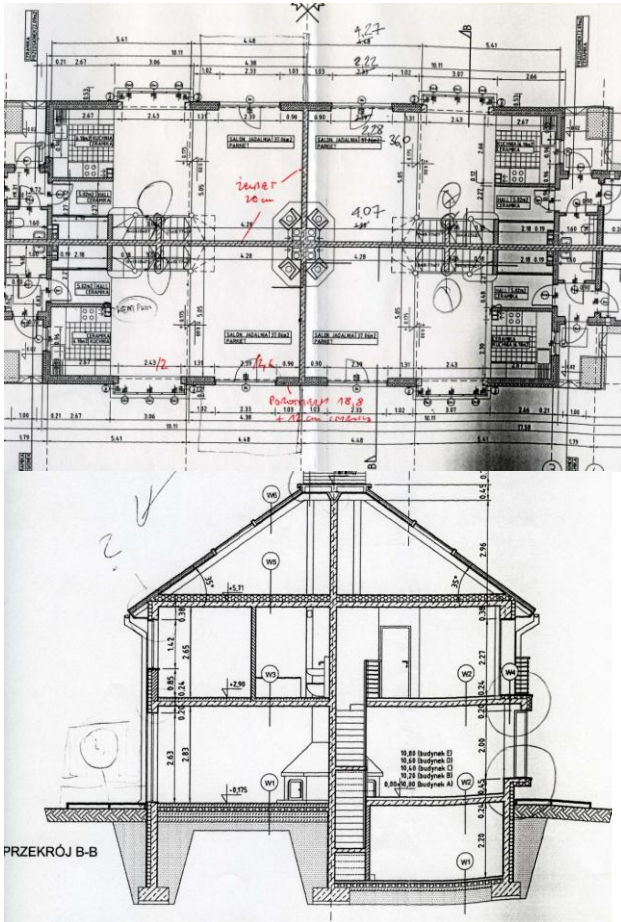


Rys. 1. Izolacyjność akustyczna właściwa ściany z betonu 20cm.  
 Fig. 1. Sound reduction index of concrete 20cm.

**6. WYNIKI OBLICZEŃ**

W artykule dokładnie przedstawiono obliczenia dla przypadku 1 opisanego w punkcie 4. Inne przeanalizowane przypadki przedstawiono w zestawieniu w punkcie 8.

Rysunek rzutu i przekroju analizowanego przypadku przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Rzut i przekrój analizowanego przypadku.  
Fig. 2. Plan and view of case study.

### 6.1. Metoda przybliżona

Korzystając z tablicy D.2 normy PN-B-02151-3:1999 (uwzględniając uwagę pod tabelą dotyczącą zasad redukcji poprawki  $K$  w zależności od masy powierzchniowej stropu i ściany) określono poprawkę  $K = 1$ .

Zgodnie z danymi zawartymi w materiałach opisanych w punkcie 5 ściana z betonu zwykłego (żelbetu) o gęstości objętościowej  $2400\text{kg/m}^3$  grubości  $20\text{cm}$  posiada izolacyjność akustyczną  $R_w(C, C_{tr}) = 59(-2, -7)$  dB.

Uwzględniając poprawkę  $K$  określającą wpływ bocznego przenoszenia dźwięku wyznaczoną zgodnie z załącznikiem D normy PN-B-02151-3:1999 oraz korektę o wartości  $2\text{dB}$  ze względu na niedokładności wyznaczenia wskaźnika na podstawie pomiarów laboratoryjnych, różny stopień odtworzenia w badanym wzorcu cech materiałowo - konstrukcyjnych oraz ewentualne niedokładności wykonawstwa możemy określić wskaźnik oceny  $R'_{AI}$  przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody rozdzielającej pomieszczenia.

W przypadku ściany o długości  $5,05\text{m}$  pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 2:

$$R'_{AI} = R_w + C - K - 2 = 59 - 2 - 1 - 2 = 54\text{dB}$$

W przypadku ściany o długości  $9,70\text{m}$  pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 4:

$$R'_{AI} = R_w + C - K - 2 = 59 - 2 - 1 - 2 = 54\text{dB}$$

### 6.2. Metoda szacunkowa

Zgodnie z danymi zawartymi w Instrukcja ITB nr 369/2002 ściana z betonu zwykłego (żelbetu) o gęstości objętościowej  $2400\text{kg/m}^3$  grubości  $20\text{cm}$  posiada wskaźnik  $R_{AIR} = 57\text{dB}$ . Wartość poprawki  $K_a$  określono na podstawie Instrukcja ITB nr 406/2005 [5] dla ścian i stropów opisanych w projekcie architektoniczno-budowlanym przyjmując jako podstawę układu z rys. 8 w/w instrukcji.

Wartości wskaźników  $K_a$  odczytano z tablicy II.1-1.4. Dla grubości  $h = 20\text{cm}$  i długości  $3\text{m} < l < 6\text{m}$  ( $l = 5,05\text{m}$  w przypadku ściany pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 2) lub  $l > 6\text{m}$  ( $l = 9,70\text{m}$  w przypadku ściany pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 4) ściany rozdzielającej pomieszczenia. W obu przypadkach wartość  $K_a = 3\text{dB}$ .

Wykorzystując zależność przedstawioną powyżej można oszacować wskaźnika oceny  $R'_{AI}$  przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody rozdzielającej pomieszczenia.

W przypadku ściany o długości  $5,05\text{m}$  pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 2:

$$R'_{AI} = R_{AIR} - K_a = 57 - 3 = 54\text{dB}$$

W przypadku ściany o długości  $9,70\text{m}$  pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 4:

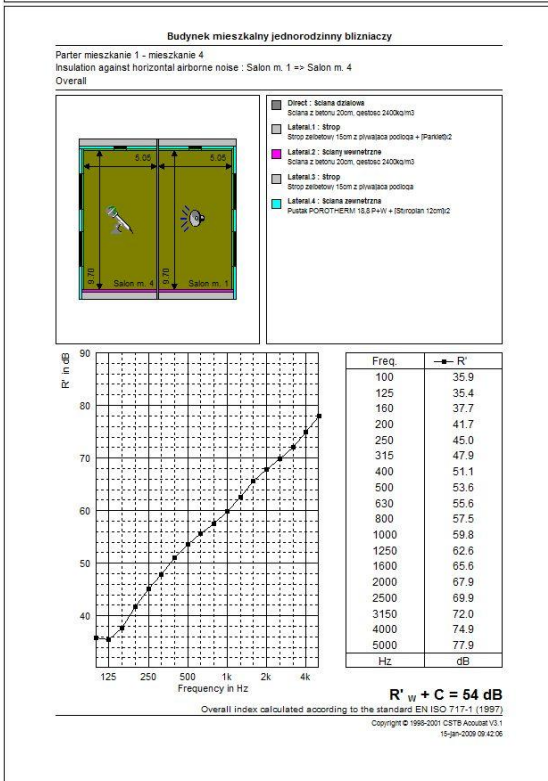
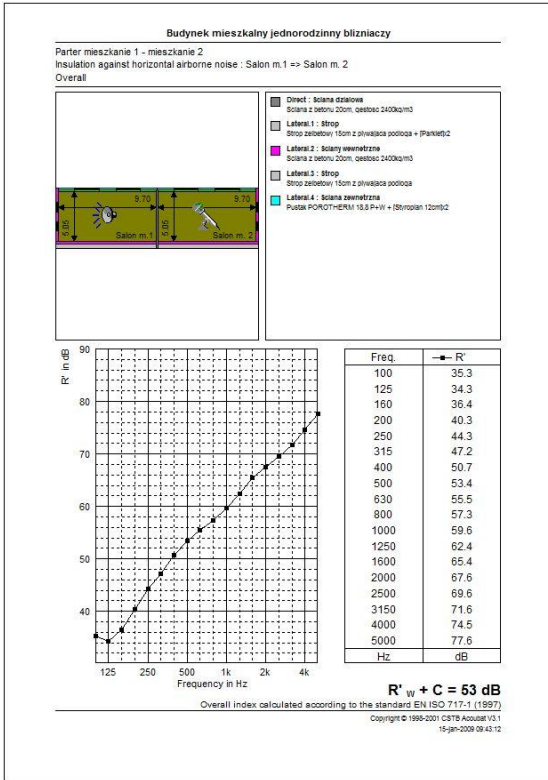
$$R'_{AI} = R_{AIR} - K_a = 57 - 3 = 54\text{dB}$$

### 6.3. Metoda uproszczona i dokładna

Określenie wskaźnika oceny  $R'_{AI}$  przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody rozdzielającej pomieszczenia metodą uproszczoną i dokładną według PN-EN 12354-1:2002 wykonano wykorzystując do tego program komputerowy Acoubat Sound. Dane do analizy przedstawiono w punkcie 5 a przykładowe wyniki analizy na rysunku poniżej.

W przypadku ściany pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 2 uzyskana z obliczeń metodą dokładną wartość wskaźnika oceny  $R'_{AI}$  przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody rozdzielającej pomieszczenia wynosi  $53\text{dB}$ .

W przypadku ściany pomiędzy mieszkaniem 1 a mieszkaniem 4 uzyskana z obliczeń metodą dokładną wartość wskaźnika oceny  $R'_{AI}$  przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej przegrody rozdzielającej pomieszczenia wynosi  $54\text{dB}$ .



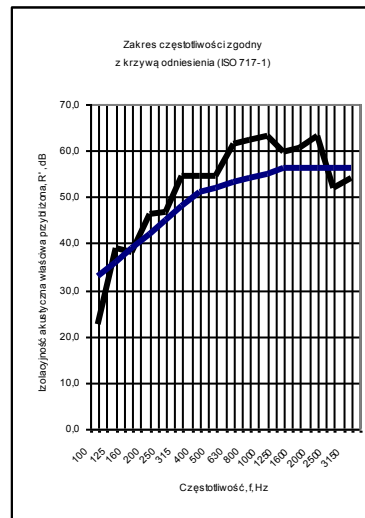
Rys. 3. Izolacyjność od dźwięków powietrznych pomiędzy pomieszczeniami.

Fig. 3. Insulation against horizontal airborne noise.

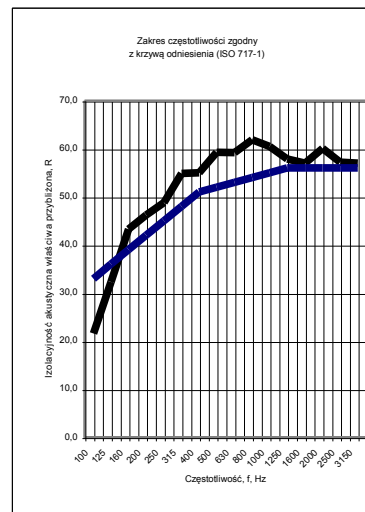
Dla pozostałych przypadków opisanych w punkcie 4 wykonano analogiczne obliczenia. Wyniki wszystkich obliczeń przedstawiono w punkcie 8.

## 7. WYNIKI POMIARÓW

Do pomiarów użyto analizatora hałasu SVAN 912 wyposażonego w oktafowy filtr pasmowy z mikrofonem BK 1/2'. Zastosowany zestaw pomiarowy posiada aktualne Świadectwo Uwierzytelnienia lub analizatora hałasu firmy Brüel & Kjær typ 2270 wyposażonego w oprogramowanie miernika poziomu dźwięku typ BZ 7222 oraz oprogramowanie do akustyki budowlanej BZ 7204.



$$R'_{w}(C;C_{tr}) = 55(-1;-3) \text{ dB}$$



$$R'_{w}(C;C_{tr}) = 55(-1;-5) \text{ dB}$$

Rys. 4. Izolacyjność od dźwięków powietrznych pomiędzy pomieszczeniami uzyskane z pomiarów.

Fig. 4. Insulation against horizontal airborne noise obtained from measurements.

Spełnia wymagania norm: PN-79/T-06460 „Mierniki poziomu dźwięku. Wymagania ogólne i badania dla mierników klasy dokładności 1” oraz PN-EN 60651:2002, PN-EN 60804: 2002.

Pomiary wykonano zgodnie z PN-EN ISO 140-4:2000 [7], natomiast oceny dokonano zgodnie z PN-EN ISO 717-1:1999 [8].

W wyniku pomiarów i obliczeń uzyskano charakterystykę izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej oraz wartość jednoliczbową wskaźnika ważonego izolacyjności akustycznej właściwej i widmowe wskaźniki adaptacyjne.

Przykładowe wyniki pomiarów izolacyjność od dźwięków powietrznych pomiędzy pomieszczeniami przedstawiono na rysunku 4.

Dla pozostałych przypadków opisanych w punkcie 4 wykonano analogiczne pomiary i obliczenia. Wyniki pomiarów i obliczeń dla wszystkich analizowanych przypadków przedstawiono w punkcie 8.

## 8. ZESTAWIENIE WYNIKÓW

W pracy porównano wartości izolacyjności akustycznej przegród deklarowane w projekcie (obliczone teoretycznie) z uzyskanymi z pomiarów w stanie rzeczywistym dla przypadków opisanych w punkcie 4. Analizie poddano przegrody grubości 20cm wykonane z betonu różniące się długością (powierzchnią).

Tabela 1. Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych uzyskany z obliczeń i pomiarów.

Table 1. Single-number quantity of airborne sound insulation obtained from calculations and measurements.

Przegr.	Przyp.	Pow. przegrody	Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej $R'_{AI}$			
			Met. przybliżona	Met. szacunkowa	Met. uproszczona (dokładna)	Pomiar
Beton 20cm	4.1	14,3m <sup>2</sup>	54dB	54dB	53dB	54dB
		27,3m <sup>2</sup>	54dB	54dB	54dB	54dB
	4.2	13,9m <sup>2</sup>	54dB	54dB	53dB	54dB
		14,8m <sup>2</sup>	54dB	54dB	54dB	54dB
	4.3	6,6m <sup>2</sup>	54dB	53dB	53dB	55dB
		16,1m <sup>2</sup>	54dB	54dB	54dB	54dB
	4.4	13,2m <sup>2</sup>	54dB	53dB	52dB	54dB
		14,0m <sup>2</sup>	54dB	53dB	52dB	52dB

W tabeli 1 zestawiono wartości wskaźników oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej  $R'_{AI}$  dla 20 cm przegrody wykonanej z betonu, uzyskane przy pomocy każdej z opisywanych metod obliczeniowych oraz pomierzone.

Wartości te pozwalają przeanalizować jak zmienia się izolacyjność akustyczna przegrody jednorodnej wykonanej z tego samego materiału w zależności od układu konstrukcyjnego i wymiarów samej przegrody.

## 9. WNIOSKI

Przeprowadzone analizy oraz pomiary wykazały liczne trudności w odwzorowaniu rzeczywistej sytuacji w budynku za pomocą znanych modeli obliczeniowych.

Większość analizowanych w niniejszej pracy przypadków wykazała, że:

1. Metoda szacunkowa opisana w instrukcji 406/2005 zazwyczaj daje wartości wyższe niż metoda dokładna i nieco inne niż metoda przybliżona (oparta na załączniku D do PN-B-02151-3:1999 – obecnie zastąpiona przez metodę dokładną opisaną w PN-EN 12354-1:2002).
2. Różnice w izolacyjności przewidywanej i uzyskanej wynoszą około 1 do 2dB.
3. Wartości izolacyjności uzyskane przy pomocy metody dokładnej są zbliżone do wartości pomiarowych. Zazwyczaj wartość przewidywana zgadza się z wartością uzyskaną z pomiaru lub jest nieco niższa. Niższa od rzeczywistej wartość projektowa (szacowana na podstawie projektu) jest korzystna z uwagi na fakt, że w procesie projektowania nie zostanie przeszacowana wartość izolacyjności.
4. Projektant chcący oszacować izolacyjność przegrody przy pomocy metody dokładnej, powinien dysponować specjalistycznym programem komputerowym (francuski Acoubat lub niemiecki Bastian), ponieważ metoda opisana w normie PN-EN 12354-1:2002 jest skomplikowana.

## DESIGN AND REAL VALUES OF SOUND INSULATION IN BUILDINGS

**Summary:** In this paper several design solution were identified, for which, the known methods, acoustic insulation was predicted. This acoustic insulation due to the design assumptions and the solutions adopted materials. Then, for the same partitions, for real conditions, acoustic insulation was measured and compared to calculated theoretically.

### Literatura

- [1] Szudrowicz B., Niemas M. *Boczne przenoszenie dźwięku przez ściany zewnętrzne z betonu komórkowego*. XLIX Konferencja naukowa KILiW PAN "Krynica" 2003", IV, 8, 2003, Warszawa-Kraków
- [2] Szudrowicz B., Izewska A. *Boczne przenoszenie dźwięku - jak je uwzględnić w procesie projektowania*. LI Otwarte Seminarium z Akustyki, Gdańsk – Sobieszewo, 2004, 367-370
- [3] PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na

podstawie właściwości elementów. Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami

[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] Instrukcja ITB nr 406/2005: Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku według PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002

[6] Instrukcja ITB nr 369/2002: Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów

[7] PN-EN ISO 140-4:2000 Akustyka. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Pomiary terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami

[8] PN-EN ISO 717-1:1999 Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków powietrznych