

dr inż. Elżbieta Nowicka<sup>1)</sup>  
ORCID: 0000-0002-7993-8215

# Porównanie wyników badań terenowych izolacyjności akustycznej fasad z wymaganiami norm

## *Comparison of the in-situ test results of sound insulation of facades with the requirements of the standards*

DOI: 10.15199/33.2021.08.03

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono model obliczeniowy pozwalający na prawidłową ocenę wyników badań terenowych ścian zewnętrznych i porównanie ich z wymaganiami określonymi w polskich przepisach budowlanych. Model bazuje na zapisach normowych oraz doświadczeniu w wykonywaniu prognoz dotyczących budynków mieszkalnych. Może on być również stosowany w przypadku innych rodzajów budynków, w których wymiary elementów konstrukcyjnych niewiele różnią się od tych w budynkach mieszkalnych. Obliczenia mogą być przeprowadzane w pasmach częstotliwości lub w jednoczłonowych wskaźnikach oceny. **Słowa kluczowe:** fasada; izolacyjność akustyczna; badania terenowe; interpretacja wyników.

**Abstract.** In the article presents a calculation model that allows for the correct interpretation of the results of field tests of facades in relation to the normative requirements specified in Polish construction regulations is presented. The model is based on normative records and on experience in making forecasts for residential buildings but it can also be used for other types of buildings where the dimensions of the structural elements do not differ much from those in residential buildings. Calculations can be performed in frequency bands or in single-number factors.

**Keywords:** facade; sound insulation; in-situ measurement; interpretation of the results.

Jedną z funkcji fasad w budynku jest ochrona pomieszczeń przed hałasem panującym na zewnątrz. Odpowiednia izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej ma szczególne znaczenie w przypadku lokalizacji budynku w sąsiedztwie obiektów stanowiących źródło hałasu, np. ulic, linii kolejowych, dróg szybkiego ruchu, lotnisk.

Przy ocenie izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej i stawianych wymagań należy rozpatrywać dwa aspekty:

- zagadnienia projektowe związane z zapewnieniem odpowiedniej wartości wskaźnika izolacyjności akustycznej przegrody na podstawie właściwości akustycznych jej poszczególnych elementów składowych;

- kontrolne terenowe pomiary izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej lub jej elementów składowych pozwalające określić rzeczywistą izolacyjność akustyczną uzyskaną w zrealizowanym budynku.

W Polsce wymagana przez normę wartość izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej w budynku jest wyrażona za pomocą wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej ( $R'$ ) [1], natomiast w wyniku przeprowadzo-

nych terenowych badań izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej lub jej elementu uzyskujemy wartość izolacyjności wyrażoną za pomocą jednej z wielkości określonych w normach pomiarowych ( $R'_{45^\circ}$ ,  $R'_{tr,s}$ ,  $R'_{rt,s}$ ,  $R'_{at,s}$ ,  $D_{ls,2m,nT}$ ,  $D_{tr,2m,nT}$ ,  $D_{rt,2m,nT}$ ,  $D_{at,2m,nT}$ ) [2]. W związku z tym ocena wyników badań terenowych może sprawiać trudności.

Izolacyjność akustyczna poszczególnych elementów ściany zewnętrznej jest ustalana na podstawie wyników badań laboratoryjnych. Wartość jednoczłonowego wskaźnika izolacyjności akustycznej właściwej  $R_w(C; C_w)$  charakteryzuje dany produkt i jest podstawą do jego klasyfikacji akustycznej wykorzystywaną w pracach projektowych. Obecnie w Polsce, w przypadku ściany zewnętrznej i jej elementów, jako podstawowy stosowany jest wskaźnik  $R_{A2}$  ( $R_{A2} = R_w + C_w$ ). Ta niespójność powoduje, że ocena izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej na podstawie wyników pomiarów terenowych wymaga dodatkowych przeliczeń. Sytuacja wydaje się jeszcze bardziej skomplikowana, gdyż jest osiem metod terenowego pomiaru izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej zalecanych w różnych sytuacjach pomiarowych.

Terenowy pomiar izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej jest skomplikowany pod względem technicznym i wymaga zastosowania specjalistycznej aparatury oraz dużego doświadczenia ekipy pomiarowej. W wyniku zastosowania każdej z metod pomiarowych uzyskujemy inny wskaźnik izolacyjności akustycznej, z których żaden nie pozostaje w ścisłej relacji ze wskaźnikami stosowanymi w pracach projektowych oraz wskaźnikami występującymi w normie określającej wymagania.

### Pomiary izolacyjności akustycznej fasady

Istnieją dwie grupy terenowych metod pomiaru: „globalna” i „elementu”. Są one stosowane do oceny izolacyjności akustycznej odpowiednio całej ściany zewnętrznej lub jej elementów składowych. W każdej grupie można wyróżnić cztery metody zależnie od zastosowanego źródła dźwięku. Są to metody z wykorzystaniem: głośnika; hałasu drogowego; hałasu kolejowego oraz hałasu lotniczego.

W przypadku oceny właściwości akustycznych jednego z elementów ściany zewnętrznej najodpowiedniejsza jest metoda „elementu”. Do oceny różnicy między poziomem dźwięku rzeczywistego hałasu

<sup>1)</sup> Instytut Techniki Budowlanej; Zakład Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska; e.nowicka@itb.pl

komunikacyjnego panującego na zewnątrz i we wnętrzu budynku służą metody „globalne”, które jako źródło dźwięku wykorzystują rzeczywisty ruch komunikacyjny, a w sytuacji, gdy nie jest to możliwe, może być zastosowany głośnik.

**Metoda „elementu”** z zastosowaniem głośnika jest zalecana wówczas, gdy celem pomiaru jest ocena właściwości akustycznych konkretnego elementu ściany zewnętrznej. Najczęściej wykorzystywana jest jako pomiar kontrolny sprawdzający, czy dany element, zwykle okno, jako odrębny produkt uzyskuje parametry deklarowane przez producenta.

**Metoda „globalna”** z wykorzystaniem hałasu drogowego jest zalecana, gdy celem pomiaru jest ocena właściwości akustycznych całej ściany zewnętrznej w konkretnym położeniu w stosunku do sąsiednich ciągów komunikacji drogowej. Warunkiem uzyskania wiarygodnych wyników w przypadku tych dwóch podstawowych metod pomiarowych jest spełnienie wielu wymagań dotyczących przede wszystkim geometrii układu źródło – badana przegroda. W przypadku metod wykorzystujących rzeczywiste źródło dźwięku bardzo często poziom hałasu zewnętrznego nie jest wystarczający do uzyskania w pomieszczeniu odbiorczym odpowiedniej relacji w stosunku do tła akustycznego.

## Interpretacja wyników badań terenowych

W wyniku zastosowania jednej z przedstawionych terenowych metod pomiarowych uzyskuje się wartość jednego ze wskaźników izolacyjności akustycznej. Relacje między wymienionymi mierzalnymi wskaźnikami terenowymi a wskaźnikiem, za pomocą którego są wyrażone wymagania w obowiązujących normach czy wskaźnikiem stosowanym w pracach projektowych, przedstawione są w normie dotyczącej określenia właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów PN-EN ISO 12354-3 [3].

W normie zakłada się, że przenikanie przez każdy element jest niezależne od przenikania przez inne elementy. Zewnętrzne pola akustyczne występujące w różnych sytuacjach pomiarowych określanych w celu wyznaczenia wielkości opisujących właściwości budynku

prowadzą do różnych wartości. Można jednak przyjąć, że przenoszenie w polu rozproszonym jest wystarczająco reprezentatywne w przypadku różnych rodzajów pola akustycznego, dlatego oblicza się izolacyjność akustyczną przybliżoną przegrody zewnętrznej, a na jej podstawie wyznacza inne wielkości.

W wymienionej normie podano zależności między poszczególnymi parametrami określanymi w badaniach terenowych lub laboratoryjnych. Są one niezbędne do prawidłowej interpretacji wyników badań terenowych w stosunku do obowiązujących wymagań akustycznych. Izolacyjność akustyczna przybliżona przegrody zewnętrznej jest wyznaczana z zależności:

$$R'_{45^\circ} = R' + 1 \text{ [dB]} \quad (1)$$

$$R'_{tr,S} = R' \text{ [dB]} \quad (2)$$

Równania przedstawiają średnie zależności między wielkościami. W przypadku jednoliczbowych wskaźników oceny typowe odchylenie od średniej to  $\pm 1$  dB. W przypadku pasm częstotliwości, rozrzut izolacyjności przegrody zewnętrznej składającej się z różnych elementów wynosi zwykle  $\pm 2$  dB. W niektórych przypadkach, np. gdy przenoszenie dźwięku odbywa się przede wszystkim przez pojedyncze szyby, różnica pomiędzy dwiema wielkościami w paśmie częstotliwości zbliżonym do koincydencji lub wyższej może być znacznie większa.

Wzorcowa różnica poziomów w przypadku przegrody zewnętrznej zależy od jej izolacyjności akustycznej widzianej od wewnętrznej strony pomieszczenia, wpływu zewnętrznego kształtu elewacji, jak balkony, oraz od wymiarów pomieszczenia. Wyznacza się ją ze wzoru:

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg(V/6T_0S) \text{ [dB]} \quad (3)$$

gdzie:

V – objętość pomieszczenia odbiorczego [m<sup>3</sup>];  
S – całkowita powierzchnia przegrody zewnętrznej, tak jak jest ona widziana od strony pomieszczenia (tzn. suma powierzchni wszystkich elementów przegrody zewnętrznej) [m<sup>2</sup>];  
 $\Delta L_{fs}$  – różnica poziomu związana z kształtem elewacji podana w załączniku PN-EN ISO 12354-3 [dB].

Istnieje bezpośrednia zależność między dwiema różnicami poziomów  $D_{2m,nT}$  i  $D_{2m,n}$ :

$$\begin{aligned} D_{2m,n} &= D_{2m,nT} - 10 \lg 0,16(V/T_0A_0) = \\ &= D_{2m,nT} - 10 \lg 0,32V \text{ [dB]} \quad (4) \end{aligned}$$

Pomiary wykonywane przy użyciu, jako źródła dźwięku, ruchu drogowego

lub głośnika, mają tendencję do dawania takich samych wyników, bez systematycznej różnicy. W związku z tym:

$$D_{tr,2m,nt} \approx D_{ls,2m,nT} \text{ [dB]} \quad (5)$$

Różnica poziomów w przypadku przegrody zewnętrznej ma związek z izolacyjnością akustyczną właściwą. Model odnoszący się do różnicy poziomów jest zatem powiązany z modelem dotyczącym izolacyjności akustycznej właściwej. W normie podano także pewne ograniczenia dotyczące interpretacji wyników. Różnice w polu akustycznym w różnych sytuacjach terenowych oraz przyjęcie przy prognozowaniu założenia, że pole jest rozproszone, tak jak ma to miejsce w laboratorium, może prowadzić do pewnych różnic. Wzięcie pod uwagę średniej tych różnic prowadzi do zmniejszenia błędu. Nie jest jednak możliwe przewidywanie niedokładności, spowodowanej błędem przypadkowym. Jeśli mikrofon zewnętrzny znajduje się w odległości 2 m od przegrody zewnętrznej, efekt możliwej interferencji jest wystarczająco ograniczony i dlatego nie jest brany pod uwagę w modelu obliczeniowym. Będzie to prawdziwe w przypadku poziomów w pasmach oktawowych. Dla poziomów wyznaczonych w pasmach 1/3 oktawowych efekt interferencji może nie być już pomijalny.

Model obliczeniowy pozwala przewidzieć właściwości akustyczne budynków, tak jakby były one zmierzone, przy założeniu prawidłowego wykonawstwa i dużej dokładności pomiarów. Dokładność przewidywania za pomocą przedstawionego modelu zależy od wielu czynników: dokładności danych wejściowych; dopasowania sytuacji do modelu; typu występujących elementów i złączy; geometrii sytuacji oraz rodzaju obliczanych wartości.

## Literatura

- [1] PN-B-02151-3 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród budowlanych i elementów budowlanych.
- [2] PN-EN ISO 16283-3 Akustyka. Pomiar terenowy izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Część 3: Izolacyjność akustyczna ściany zewnętrznej.
- [3] PN-EN ISO 12354-3 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 3: Izolacyjność od dźwięków powietrznych przenikających z zewnątrz.

Przyjęto do druku: 29.07.2021 r.