

Ocena akustyczna pomieszczeń użyteczności publicznej na etapie projektowania

DOI: 10.15199/33.2015.11.11

Zagadnienie akustyki wewnątrz obejmuje głównie kształtowanie odpowiednich warunków akustycznych niezbędnych do odbioru tekstu mówionego czy muzyki w pomieszczeniach. Z funkcją wewnątrz związane są odpowiednie kryteria jakości akustycznej powiązane z odpowiednią zrozumiałością mowy. W zamkniętych obiektach użyteczności publicznej zrozumiałość mowy i poziom hałasu znacznie wpływają na komfort pracy oraz bezpieczeństwo osób w nich przebywających. Stosowanie adaptacji akustycznych wydaje się niezbędne, ale rzadko jest stosowane.

Jednym z ważniejszych parametrów wpływających na jakość akustyczną pomieszczeń jest czas pogłosu. Jego wartość jest jednak trudna do dokładnego oszacowania na etapie projektowania i nie uwzględnia wielu cech architektoniczno-akustycznych pomieszczenia, przez co jego stosowanie jest ograniczone.

W artykule przedstawiono wskaźnikową metodę wstępnej oceny jakości akustycznej pomieszczeń użyteczności publicznej – stacje metra, korytarze oraz pomieszczenia sportowe – na etapie projektowania. Bazuje ona na zestawieniu i analizie doboru parametrów architektoniczno-akustycznych (w tym rozkładu ustrojów pochłaniających czy elementów rozpraszających dźwięk), które przyjmuje się jako wskaźniki cząstkowe. W efekcie uzyskuje się wskaźnik oceny jakości akustycznej pomieszczeń na etapie projektowania [1, 2].

Metoda oceny jakości akustycznej pomieszczeń sportowych

Na podstawie przeprowadzonych badań w rzeczywistych pomieszczeniach sportowych oraz analiz teoretycznych stwierdzono, że wpływ na właściwości

akustyczne pomieszczeń sportowych mają następujące parametry:

- architektoniczne:
 - kształt sufitu pomieszczenia;
 - kształt przekroju pomieszczenia;
 - kubatura pomieszczenia;
 - elementy architektoniczne rozpraszające dźwięk;

- akustyczne:
 - elementy pochłaniające dźwięk;
 - obecność stałych źródeł hałasu.

Metoda wstępnej oceny jakości akustycznej sal sportowych jest nieskomplikowaną metodą szacowania warunków akustycznych tego typu pomieszczeń w celu zapewnienia odpowiedniej jakości przebywania oraz zrozumiałości mowy, przede wszystkim w komunikacji bezpośredniej i publicznej [3, 4].

W metodzie ustalono, że **wskaźnik jakości akustycznej** pomieszczeń sportowych jest sumą wskaźników cząstkowych:

$$W_{PS} = W_{KS} + W_{KP} + W_O + W_{P1} + W_R + W_H \quad (1)$$

gdzie:

W_{PS} – wskaźnik oceny jakości akustycznej pomieszczeń sportowych; wskaźniki cząstkowe:

W_{KS} – wskaźnik kształtu sufitu;

W_{KP} – wskaźnik kształtu przekroju poprzecznego pomieszczenia;

W_O – wskaźnik objętości pomieszczenia;

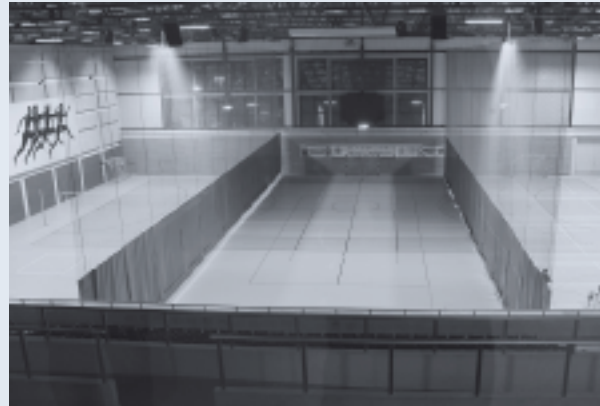
W_{P1} – wskaźnik elementów pochłaniających dźwięk zależny od powierzchni sufitu;

W_{P2} – wskaźnik elementów pochłaniających dźwięk zależny od powierzchni ścian bocznych;

W_R – wskaźnik elementów architektonicznych rozpraszających dźwięk;

W_H – wskaźnik tła akustycznego (poziom hałasu).

Im większa wartość wskaźnika W_{PS} , tym lepsza akustyka pomieszczenia. Wartości wskaźników cząstkowych należy przyjmować wg tabeli 1.



Widok przykładowej sali gimnastycznej, w której zastosowano elementy rozdzielające pomieszczenie

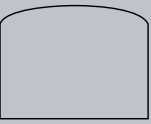


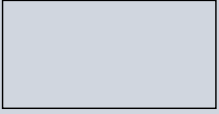


Ocena jakości akustycznej pomieszczenia sportowego polega na określeniu odpowiedniej wartości wskaźników cząstkowych. Ze względu na różne znaczenie poszczególnych cech, przypisano im różne wartości klas. Wskaźnikom cząstkowym mającym największy wpływ na czas pogłosu, a w efekcie zrozumiałość mowy, tj. wskaźnikowi objętości pomieszczenia oraz wskaźnikowi elementów pochłaniających dźwięk przypisano największy zakres, odpowiednio $0 \div 4$ (wskaźnik cząstkowy W_O) i $0 \div 5$ (wskaźniki cząstkowe W_{P1} i W_{P2}). Pozostałe parametry mają pośredni wpływ na rozkład pola akustycznego i ich znaczenie jest mniejsze, co znalazło odzwierciedlenie w mniejszym zakresie wartości wskaźników: $0 \div 2$.

Wskaźnik jakości akustycznej sal sportowych przyjmuje wartość w zakresie $0 - 20$, przy czym każda z nich opisana jest odpowiednią klasą akustyczną:

- $W_{PS} = 20 \div 16$ – pomieszczenie sportowe o dobrej jakości akustycznej, o wystarczającej zrozumiałości mowy; dobra komunikacja bezpośrednia, a także duże możliwości dostosowania systemu nagłośnieniowego do komunikacji publicznej; nie występują problemy akustyczne typu np. zbyt długi czas pogłosu; prawidłowo

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Akustyki; e-mail: e.nowicka@itb.pl

Tabela 1. Metoda wstępnej oceny jakości akustycznej sal sportowych

W_a	Wskaźnik częstotkowy		
W_{KS}	Wskaźnik kształtu sufitu		
			
wartość	0	1	2
W_{KP}	Wskaźnik kształtu przekroju poprzecznego pomieszczenia		
			
wartość	0	1	2
W_O	Wskaźnik objętości pomieszczenia		
	>8 000 m ³	2 000 – 8 000 m ³	< 2 000 m ³
wartość	0	2	4
W_{P1}	Wskaźnik elementów pochłaniających dźwięk – zależny od powierzchni sufitu (materiały pochłaniające klasy A)		
	0 %	50%	100%
wartość	0	3	5
W_{P2}	Wskaźnik elementów pochłaniających dźwięk – zależny od powierzchni ścian bocznych (materiały pochłaniające klasy A)		
	0 %	50%	100%
wartość	0	3	5
W_R	Wskaźnik elementów architektonicznych rozpraszających dźwięk		
	brak		obecność
wartość	0	1	2
W_H	Wskaźnik tła akustycznego zależny od obecności stałych źródeł hałasu		
	obecność		brak
wartość	0	1	2
Wskaźnik jakości akustycznej pomieszczeń długich W_{PS} :			

dobrane parametry architektoniczno-akustyczne;

- $W_{PS} = 9 \div 15$ – pomieszczenie sportowe o dostatecznej jakości akustycznej; odbiór dźwięków mowy może być wystarczający przy odpowiednim doborze parametrów architektoniczno-akustycznych; mogą wystąpić problemy akustyczne typu długi czas pogłosu czy zbyt duży poziom tła akustycznego; prawidłowy dobór materiałów pochłaniających wraz z odpowiednio zaprojektowaną przestrzenią (elementy rozpraszające dźwięk) mogą zapewnić dostateczną jakość akustyczną ocenianego pomieszczenia;

- $W_{PS} = 0 \div 8$ – pomieszczenie sportowe złej jakości akustycznej; wystę-

pują problemy dotyczące odbioru dźwięków mowy zarówno w przypadku komunikacji bezpośredniej, jak i publicznej; błędnie dobrano parametry architektoniczno-akustyczne, co negatywnie wpływa na właściwości akustyczne pomieszczenia przez wzmocnienie hałasu.

Metoda oceny jakości akustycznej pomieszczeń długich

Jakość akustyczna pomieszczeń długich określana jest na podstawie odbioru dźwięków mowy, za pomocą wielu parametrów i metod, ale nie uwzględniają one specyfiki tego typu pomieszczeń, która obejmuje:

- specyficzne proporcje – jeden wymiar jest dużo większy od dwóch pozostałych;

- różny kształt przekroju poprzecznego (prostokątny, łukowy, z urządzeniami pochłaniającymi i rozpraszającymi);

- często są to pomieszczenia otwarte na końcach [5].

Wskaźnik jakości akustycznej pomieszczeń długich obustronnie otwartych jest sumą wskaźników częstotkowych:

$$W_{PD} = W_K + W_W + W_P + W_R + W_T + W_H \quad (2)$$

gdzie:

W_{PD} – wskaźnik oceny jakości akustycznej pomieszczeń stacji metra;

wskaźniki częstotkowe:

W_K – wskaźnik kształtu przekroju poprzecznego pomieszczenia;

W_W – wskaźnik wymiarów (objętości) pomieszczenia;

W_P – wskaźnik elementów pochłaniających dźwięk;

W_R – wskaźnik elementów architektonicznych rozpraszających dźwięk;

W_T – wskaźnik pogłosowy;

W_H – wskaźnik tła akustycznego (poziom hałasu).

Wartości wskaźników częstotkowych należy przyjmować zgodnie z tabelą 2.

Ocenę jakości akustycznej pomieszczeń należy poprzedzić ich kwalifikacją do grupy pomieszczeń długich. W celach praktycznych oraz na podstawie literatury przyjęto minimalny stosunek długości pomieszczenia do jego szerokości jako 1 : 6.

Ocena jakości akustycznej pomieszczeń długich polega na dobraniu odpowiedniej wartości wskaźnika częstotkowego. Ze względu na różne znaczenie poszczególnych cech, przypisano im różne wartości klas. Wskaźnikom częstotkowym mającym największy wpływ na zrozumiałość mowy, tj. wskaźnikowi objętości pomieszczenia, wskaźnikowi elementów pochłaniających dźwięk oraz wskaźnikowi pogłosowemu, przypisano największy zakres, odpowiednio 0 ÷ 5, 0 ÷ 4, 0 ÷ 5. Parametry te bezpośrednio wpływają na wartość czasu pogłosu, a w efekcie na zrozumiałość mowy. Pozostałe parametry mają pośredni wpływ na rozkład pola akustycznego i ich znaczenie jest mniejsze, co znalazło odzwierciedlenie w mniejszym zakresie wartości wskaźników: 0 ÷ 2.

Wskaźnik jakości akustycznej pomieszczeń stacji metra przyjmuje wartość w zakresie 0 ÷ 20, przy czym każda wartość opisana jest odpowiednią klasą akustyczną:

• $W_{PD} = 20 \div 16$ – pomieszczenie o dobrej jakości akustycznej – zrozumiałość mowy jest wystarczająca, nie występują typowe problemy akustyczne, jak zbyt długi czas pogłosu; prawidłowo dobrano parametry architektoniczno-akustyczne;

• $W_{PD} = 9 \div 15$ – pomieszczenie o dostatecznej jakości akustycznej – odbiór dźwięków mowy może być wystarczający przy odpowiednim doborze parametrów architektoniczno-akustycznych, ale należy zwracać uwagę na możliwość wystąpienia problemów akustycznych, jak zbyt długi czas pogłosu czy zbyt duże poziomy tła akustycznego; prawidłowy dobór materiałów pochłaniających dźwięk wraz z odpowiednio zaprojektowaną przestrzenią (elementy rozpraszające dźwięk) mogą zapewnić dostateczną jakość akustyczną pomieszczenia;



Widok przykładowego pomieszczenia długiego o eliptycznym kształcie przekroju poprzecznego

• $W_{PD} = 0 \div 8$ – pomieszczenie o złej jakości akustycznej – występują problemy dotyczące odbioru dźwięków mowy; błędnie dobrano parametry architektoniczno-akustyczne, co negatywnie wpływa na właściwości akustyczne [6, 7].

Opracowane kryteria pozwalają na: ocenę akustyczną pomieszczeń użyteczności publicznej na etapie projektowania; wprowadzenie ewentualnej korekty oraz na prawidłowy dobór parametrów architektoniczno-akustycznych, aby jakość akustyczna pomieszczenia była odpowiednia do potrzeb odtwarzania dźwięku mowy. Metoda przybliży architektom i projektantom ewentualne zagrożenia mające wpływ na warunki akustyczne pomieszczeń sportowych.

Fotografie – Autorka

Tabela 2. Metoda oceny jakości akustycznej pomieszczeń długich

W_n	Wskaźnik cząstkowy				
	Kwalifikacja pomieszczenia stacji metra				
	Proporcja pomieszczenia, stosunek długości do szerokości i wysokości > 1:6				
W_k	Wskaźnik kształtu przekroju poprzecznego pomieszczenia				
wartość	0	1	2		
W_w	Wskaźnik objętości pomieszczenia				
	> 10 000 m ³	8 000 – 10 000 m ³	< 8 000 m ³		
wartość	0	3	5		
W_p	Wskaźnik elementów pochłaniających dźwięk – zależny od powierzchni sufitu				
	0 %	50%	100%		
wartość	0	1	2	3	4
W_R	Wskaźnik elementów architektonicznych rozpraszających dźwięk				
	brak		obecność		
wartość	0	1	2		
W_T	Wskaźnik pogłosowy zależny od czasu pogłosu liczonego wg wzoru Sabine'a (10)				
	> 2,5 s	1,5 – 2,5 s	< 1,5 s		
wartość	0	3	5		
W_H	Wskaźnik tła akustycznego zależny od obecności stałych źródeł hałasu				
	obecność		brak		
wartość	0	1	2		
Wskaźnik jakości akustycznej pomieszczeń długich W_{PD}:					

Literatura

- [1] Technical Report ITB NA-58 „Acoustic climate rating of long spaces, especially the metro stations” (in Polish) (2008).
- [2] Technical Report ITB NA-68 „Room acoustics of closed sports facilities” (in Polish) (2010).
- [3] Nowicka E., Assessing the Acoustical Climate of Underground Stations, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) Vol. 13, No. 4, pp. 427 – 431, 2007.
- [4] Nowicka E., The long rooms acoustics assessment for emergency sound systems purposes, Internoise 2010: 13 – 16 June, 2010, Lisboa, Portugal.
- [5] Nowicka E. 2013. „Metoda wstępnej oceny akustycznej sal sportowych na etapie projektowania”. Materiały Budowlane nr 8: s. 22 – 24, 2013.
- [6] Nowicka E., Acoustical quality assessment of sports facilities, 16th International Conference on Noise Control, 13: 26 – 29 May, 2013, Ryn, Poland.
- [7] Nowicka E., Assessment of the acoustics of sports enclosures for emergency sound system purposes, Proceedings of the 20th International Congress on Sound and Vibration: Recent Developments in Acoustics, Noise and Vibration, Bangkok, Thailand, 7-11 July, 2013 s. 1 – 5.

Przyjęto do druku: 30.09.2015 r.