

OCENA AKUSTYCZNA

na etapie projektowania

dr inż. Elżbieta Nowicka
Zakład Fizyki Ciepłej, Akustyki i Środowiska
Instytut Techniki Budowlanej

Zamknięte obiekty sportowe, takie jak sale gimnastyczne czy baseny, są pomieszczeniami, gdzie zrozumiałość mowy i poziom hałasu znacząco wpływają na komfort pracy czy nawet bezpieczeństwo osób w nich przebywających. W artykule przedstawiono wskaźnikową metodę wstępnej oceny jakości akustycznej pomieszczeń sportowych na etapie projektowania.

Czas pogłosu jest jednym z ważniejszych parametrów wpływających na jakość akustyczną pomieszczeń sportowych. Wartość czasu pogłosu jest jednak trudna do dokładnego oszacowania na etapie projektowania i nie uwzględnia wielu cech architektoniczno-akustycznych pomieszczenia, przez co jej stosowanie jest ograniczone.

W artykule przedstawiono alternatywną metodę. Oparta jest 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 jedną liczbę – wskaźnik oceny jakości akustycznej pomieszczeń sportowych W_{PS} , na etapie projektowania pomieszczeń sportowych będący sumą wskaźników cząstkowych.

Parametry architektoniczno-akustyczne

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań w rzeczywistych pomieszczeniach sportowych oraz rozważań teoretycznych stwierdzono, że wpływ na własności akustyczne pomieszczeń sportowych mają następujące parametry:

- architektoniczne – kształt sufitu pomieszczenia, kształt przekroju pomieszczenia, objętość pomieszczenia, elementy architektoniczne rozpraszające dźwięk,
- akustyczne – elementy pochłaniające dźwięk, obecność stałych źródeł hałasu.

Poniżej przedstawiono szczegółowy opis każdego parametru.

Kształt sufitu

Kształt sufitu pomieszczenia sportowego ma duży wpływ na warunki akustyczne obecne w tego typu pomieszczeniach. Ustalając kształt sufitu, należy zdecydowanie unikać kształtów eliptycznych, półkolistych, zaokrąglonych. Należy dążyć do stosowania rozwiązań powodujących rozproszenie dźwięku (kratownice, nierównomierne kształty itp.).

Kształt przekroju poprzecznego

Kształt przekroju poprzecznego znacznie wpływa na własności akustyczne pomieszczenia. Dobierając go w przypadku pomieszczenia sportowego, należy unikać opcji półkolistych, dążąc do kształ-

tu prostokątnego. Należy także unikać stosowania gładkich, równoległych ścian, które są przyczyną powstawania niekorzystnego efektu flutter echo, zaburzającego w sposób znaczący komunikację słowną (bezpośrednią oraz publiczną). Należy stosować rozwiązania powodujące rozproszenie dźwięku: siedziska dla publiczności, ścianki wspinaczkowe, drabinki gimnastyczne itp.

Objętość

Ten parametr ma znaczący wpływ na czas pogłosu każdego pomieszczenia, w tym pomieszczenia sportowego. Zbyt duże objętości niekorzystnie wpływają na komunikację słowną, a także na odbiór dźwięków muzyki, co uzasadnia uwzględnienie tego parametru architektonicznego w ocenie jakości akustycznej pomieszczeń sportowych. Objętość wpływa także negatywnie na wzrost hałasu pogłosowego.

Elementy architektoniczne rozpraszające dźwięk

Obecność elementów rozpraszających dźwięk (kratownice, kotary rozdzielające boiska itp.) powoduje podział pomieszczenia na mniejsze, a co za tym idzie, zmianę pola akustycznego na pole rozproszone. Należy jednak mieć na uwadze fakt, że utworzone w takim przypadku pomieszczenia akustycznie sprzężone mogą wzajemnie oddziaływać na siebie i złe warunki akustyczne jednej przestrzeni mogą negatywnie wpłynąć na przestrzenie otaczające.

Elementy pochłaniające dźwięk

Obecność elementów pochłaniających dźwięk ma znaczący wpływ na jakość akustyczną pomieszczenia sportowego. Powoduje obniżenie czasu pogłosu (a co za tym idzie, hałasu pogłosowego) oraz obniżenie poziomu hałasów zakłócających. Jako miarę należy przyjąć procent przekroczenia powierzchni sufitu oraz ścian (przyjęto osobne parametry W_{p1} dla sufitu oraz W_{p2} dla ściany) materiałem dźwiękochłonnym o najwyższej klasie wyrobu – A (materiały o wskaźniku pochłaniania dźwięku $\alpha_w \geq 0,9$). Zastosowanie materiałów dźwiękochłonnych o gorszej klasie wyrobu (B-E lub wyroby nieklasyfikowane) powoduje odpowiednio zmniejszenie liczby punktów dla danego wskaźnika cząstkowego.



Obecność stałych źródeł hałasu

Obecność stałych, działających źródeł hałasu, takich jak urządzenia wentylacyjne i klimatyzacyjne, powoduje wzrost poziomu dźwięku, co znacząco pogarsza jakość akustyczną pomieszczenia, szczególnie pomieszczenia sportowego. Wysokie poziomy hałasu mogą powodować na przykład brak zrozumienia komunikatów słownych, a przebywanie w takim pomieszczeniu może być utrudnione ze względu na wrażenia słuchowe. Negatywny wpływ podwyższonego poziomu tła jest uwzględniony w ocenie jakości akustycznej pomieszczeń sportowych, gdyż zjawisko to jest doskonale znane w dotychczasowej literaturze i uwzględniane w ocenie jakości akustycznej wielu pomieszczeń innego typu.

Metoda oceny jakości akustycznej

Metoda wstępnej oceny akustycznej sal sportowych jest próbą opracowania szybkiego i nieskomplikowanego sposobu wstępnego szacowania warunków akustycznych w tego typu pomieszczeniach, w celu zapewnienia odpowiedniej jakości przebywania w danym pomieszczeniu oraz zrozumiałości mowy, przede wszystkim w komunikacji bezpośredniej i publicznej (dźwiękowe systemy ostrzegawcze).

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

$$W_{PS} = W_{KS} + W_{KP} + W_O + W_{P1} + W_{P2} + W_R + W_H \quad (1)$$

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 pomieszczenie jest lepsze pod względem akustycznym. Wartości wskaźników cząstkowych należy przyjmować zgodnie z tabelą 1.

Tabela 1. Metoda wstępnej oceny akustycznej sal sportowych.

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

Ocena jakości akustycznej pomieszczenia sportowego polega na przyznaniu odpowiedniej wartości wskaźnikom cząstkowym, których szczegółowy opis przedstawiono wcześniej. Ze względu na różne znaczenie poszczególnych cech przypisano im różne wartości klas.

Przyjęte kryteria oceny opracowano na podstawie analizy danych literaturowych oraz badań własnych autorki.

Wskaźnikowa metoda wstępnej oceny jakości akustycznej pomieszczeń sportowych oparta jest na zestawieniu i analizie doboru parametrów architektoniczno-akustycznych, które przyjmuje się jako wskaźniki cząstkowe. W efekcie uzyskuje się jedną liczbę – wskaźnik oceny jakości akustycznej pomieszczeń sportowych W_{PS} .

Wskaźnikom cząstkowym mającym największy wpływ na zrozumiałość mowy – wskaźnik objętości pomieszczenia, wskaźnik elementów pochłaniających – przypisano największy zakres, 0-5 (wskaźnik cząstkowy W_0) lub 0-4 (wskaźniki cząstkowe W_{P1} oraz W_{P2}). Parametry te bezpośrednio wpływają na wartość czasu pogłosu, a przez to na zrozumiałość mowy. Pozostałe parametry mają pośredni wpływ na rozkład pola akustycznego i przez to ich znaczenie jest mniejsze, co znalazło odzwierciedlenie w mniejszym zakresie wartości wskaźników: 0-2.

Wskaźnik jakości akustycznej sal sportowych przyjmuje wartości w zakresie 0-20, gdzie każda wartość opisana jest odpowiednią klasą akustyczną.

$W_{PS} = 20-16$

W pomieszczeniu sportowym o dobrej jakości akustycznej zrozumiałość mowy jest wystarczająca. Charakteryzuje się ono dobrą komunikacją bezpośrednią, a także dużymi możliwościami dostosowania systemu nagłośnieniowego do komunikacji publicznej. W pomieszczeniu takim nie występują typowe problemy akustyczne, jak zbyt długi czas pogłosu. Parametry architektoniczno-akustyczne zostały dobrane prawidłowo.

$W_{PS} = 9-15$

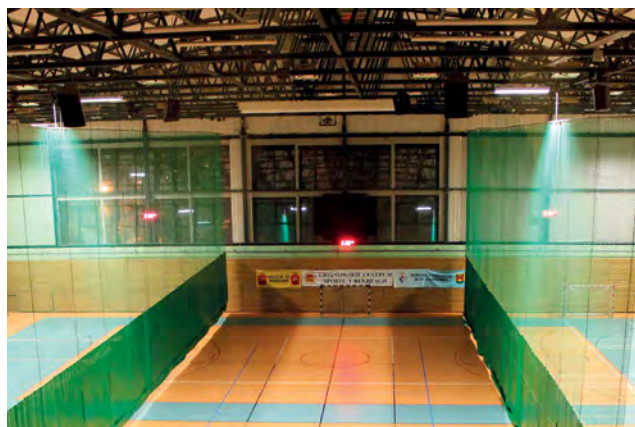
W pomieszczeniu sportowym o dostatecznej jakości akustycznej odbiór dźwięków mowy może być wystarczający przy odpowiednim doborze parametrów architektoniczno-akustycznych, jednak należy zwrócić uwagę na możliwe do wystąpienia problemy akustyczne, jak zbyt długi czas pogłosu czy za duże poziomy tła akustycznego. Prawidłowy dobór materiałów pochłaniających wraz z odpowiednim zaprojektowaniem przestrzeni (elementy rozpraszające dźwięk) mogą zapewnić dostateczną jakość akustyczną ocenianego pomieszczenia długiego.

$W_{PS} = 0-8$

W pomieszczeniu o złej jakości akustycznej będą występowały problemy z odbiorem dźwięków mowy zarówno w przypadku komunikacji bezpośredniej, jak i komunikacji publicznej. W pomieszczeniu należącym do tej klasy błędnie dobrano parametry architektoniczno-akustyczne, co negatywnie wpływa na jego własności akustyczne poprzez wzmocnienie hałasu.

Opracowane kryteria pozwalają na ocenę pomieszczenia sportowego pod względem akustycznym na etapie projektowania przez architektów i projektantów oraz wprowadzenie ewentualnej korekty i odpowiedni dobór parametrów architektoniczno-akustycznych.

Metoda podaje, w jaki sposób można dobrać parametry architektoniczno-akustyczne, aby jakość akustyczna pomieszczenia sportowego była odpowiednia do potrzeb odtwarzania dźwięku mowy. Metoda przybliży także architektom i projektantom ewentualne zagrożenia mające wpływ na warunki akustyczne w pomieszczeniach sportowych. ■



Zofia arch. autorki

Abstract

Reverberation time is one of the main parameters determining the acoustic quality of spaces of sports facilities. The value of the reverberation time is difficult to assess at the designing process and doesn't include many architectural and acoustical parameters of the enclosure. In the paper it is presented an alternative method – index-based method of initial assessment of enclosed sports facilities during designing. The method is based on the arrangement and analysis of the architectural and acoustical parameters (including sound – absorbing and sound – scattering structures), which are taken into account as partial indexes. As a result, a single number is obtained – acoustic quality assessment index for sports enclosures W_{PS} , for use during the design stage.

Literatura:

- [1] Acoustics in sport facilities. Solutions to acoustic problems in sport facilities, Sound-sorba Limited 2010.
- [2] Fiebig W., Osowski S., Poprawa akustyki sal gimnastycznych za pomocą tynków celulozowych, „Technika i technologia”, nr 8/2003.
- [3] Leszko B., Dlaczego budujemy niebezpieczne hale sportowe, www.bellsonic.org.pl
- [4] Danielewski J., Jak zmniejszyć koszty eliminacji hałasu pogłosowego w salach sportowych, Poznań 2004.
- [5] D. Wróblewska, Acoustical Standards Used in Design of School Spaces, „Acta Physica Polonica A”, No. 1, Vol. 118 (2010).
- [6] Conetta R., Shield B., Cox T., Mydlarz C., Dockrell J., Conolly D., Acoustics of indoor sport halls and gymnasia.
- [7] Leszko B., Budowanie bezpiecznych hal sportowych, „Technika w architekturze”, nr 2/2008.
- [8] Bosnjakovic R., Tomic D., Acoustical Treatment of Multipurpose Sport Hall, 3rd Congress of the Alps Adria Acoustics Association, Graz 2007.
- [9] Sport Halls Design & Layouts. Updated & Combined Guidance, Sport England.
- [10] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.
- [11] PN – B – 02151 – 4: Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Czas pogłosu i chłonność akustyczna – Wymagania.
- [12] PN – EN 60849:2001 Dźwiękowe Systemy Ostrzegawcze.
- [13] PN – EN 60268 – 16:2011 Urządzenia systemów elektroakustycznych – Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy.