



## GLOBALNY WSKAŹNIK OCENY JAKOŚCI AKUSTYCZNEJ OBIEKTÓW SAKRALNYCH

Global Index of Acoustic Quality of Sacral Structures

Z. Engel, K. Kosala

Katedra Mechaniki i Wibroakustyki  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie  
[engel@agh.edu.pl](mailto:engel@agh.edu.pl), [kosala@agh.edu.pl](mailto:kosala@agh.edu.pl)

### STRESZCZENIE

W referacie pokazano fragment wskaźnikowej metody oceny akustycznej pomieszczeń sakralnych. Ocena właściwości akustycznych wnętrz kultu religijnego jest dokonywana w sposób kompleksowy, za pomocą jednej liczby – globalnego wskaźnika jakości akustycznej obiektów sakralnych. Wskaźnik globalny jest funkcją pięciu wskaźników cząstkowych. Przedstawiono zastosowanie proponowanego wskaźnika globalnego do oceny jakości akustycznej czterech rzeczywistych kościołów rzymsko-katolickich.

### 1. WPROWADZENIE

Ze względu na brak typowej metody pozwalającej ocenić właściwości akustyczne wnętrza sakralnego, do oceny tego typu pomieszczeń stosowane są inne metody przeznaczone do badań sal koncertowych oraz audytoriów. Analiza oraz zastosowanie metod adaptowanych do oceny akustycznej pomieszczeń sakralnych opisane są w [1],[7]. Na podstawie badań tych metod można stwierdzić, iż żadna z dotychczas stosowanych nie uwzględnia w wystarczającym stopniu specyfiki wnętrz sakralnych. Często poszczególne metody są niekompletne i muszą być uzupełniane. Z tego powodu podjęto prace nad ujednoczeniem metod i wprowadzeniem wskaźnikowej metody oceny akustycznej pomieszczeń sakralnych. Ocena metodą wskaźnikową jest dokonywana w sposób kompleksowy za pomocą jednej liczby – wskaźnika jakości akustycznej wnętrza sakralnych  $W_{JAS}$ .

### 2. GLOBALNY WSKAŹNIK JAKOŚCI AKUSTYCZNEJ WNETRZ SAKRALNYCH $W_{JAS}$

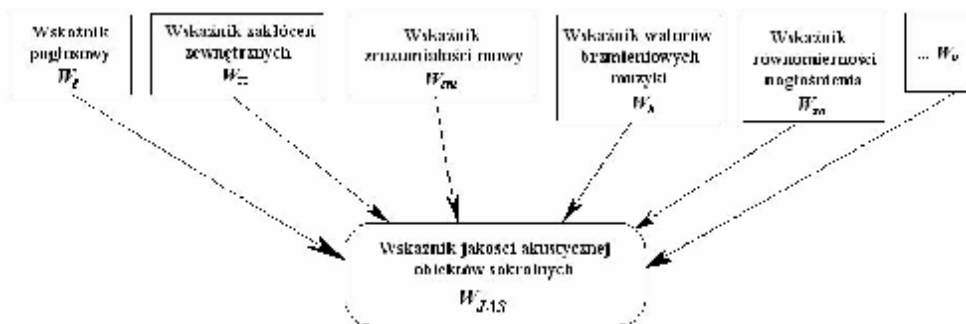
Globalny wskaźnik jakości akustycznej wnętrza sakralnych  $W_{JAS}$  jest funkcją kilku wskaźników cząstkowych i określony jest zależnością:

$$W_{JAS} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \eta_i}{\sum_{i=1}^n \eta_i} \quad (1)$$

gdzie:  $W_i$  - wskaźnik cząstkowy,

$\eta_i$  - waga  $i$ -tego wskaźnika cząstkowego.

Do oceny pomieszczeń sakralnych zaproponowano pięć wskaźników cząstkowych pokazanych na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Globalny wskaźnik jakości akustycznej obiektów sakralnych

Należą do nich wskaźnik pogłosowy [4], wskaźnik zakłóceń zewnętrznych [5], wskaźnik zrozumiałości mowy, wskaźnik walorów brzmieniowych muzyki, wskaźnik równomierności nagłośnienia [6]. Nie wyklucza się możliwości zwiększenia ilości wskaźników cząstkowych.

Dla wybranych wskaźników cząstkowych wskaźnik  $W_{JAS}$  wyrażony jest zależnością:

$$W_{JAS} = \frac{W_p \eta_1 + W_{zm} \eta_2 + W_{zz} \eta_3 + W_{rn} \eta_4 + W_b \eta_5}{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4 + \eta_5} \quad (2)$$

gdzie:  $W_p$  - wskaźnik pogłosowy,

$W_{zm}$  - wskaźnik zrozumiałości mowy,

$W_{zz}$  - wskaźnik zakłóceń zewnętrznych,

$W_{rn}$  - wskaźnik równomierności nagłośnienia,

$W_b$  - wskaźnik walorów brzmieniowych muzyki,

$\eta_1 \div \eta_5$  - wagi wskaźników cząstkowych.

Wagi wskaźników cząstkowych przedstawione zostały w tabeli 2.1. Zostały one przyjęte na podstawie analizy czynników decydujących o jakości akustycznej obiektów sakralnych.

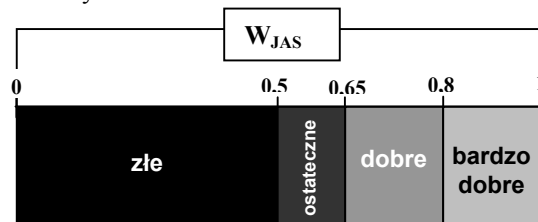
Tabela 2.1. Wagi wskaźników cząstkowych

$\eta_1$	$\eta_2$	$\eta_3$	$\eta_4$	$\eta_5$
1	0,5	0,3	0,3	0,2

Wskaźnik pogłosowy, który jest funkcją kilku wskaźników pogłosowych pomocniczych [5], jest w proponowanej metodzie, wskaźnikiem podstawowym i decydującym o ocenie. Drugim bardzo istotnym parametrem mierzonym w metodzie wskaźnikowej jest zrozumiałość mowy badana w obiektach sakralnych w warunkach wyłączonej instalacji nagłośnieniowej. Wagi trzech pozostałych wskaźników cząstkowych, dopełniających ocenę cech jakości akustycznej obiektu sakralnego mają niskie wartości (tabela 1). Wszystkie wartości wag zostały przyjęte umownie i nie wynikają ze ścisłych zależności.

Globalny wskaźnik jakości akustycznej pomieszczeń sakralnych  $W_{JAS}$  przyjmuje wartości od 0 do 1. Gdy badany obiekt uzyska  $W_{JAS}=1$  wówczas charakteryzuje się on bardzo dobrymi właściwościami akustycznymi. Natomiast  $W_{JAS}=0$  oznacza najgorsze właściwości akustyczne; wewnątrz przy tej ocenie jest dyskwalifikowane pod względem akustycznym.

W celu określenia jednoznacznej oceny jakości akustycznej badanego wnętrza sakralnego uzależniono obliczoną wartość globalnego wskaźnika oceny akustycznej wewnątrz sakralnych  $W_{JAS}$  od subiektywnej oceny, która klasyfikuje dane wnętrza do grupy pomieszczeń sakralnych o warunkach akustycznych w skali: bardzo dobrych, dobrych, dostatecznych i złych. Zależność między wskaźnikiem  $W_{JAS}$  a skalą subiektywną oceny wewnątrz sakralnych przedstawia rys. 2.2.



Rys. 2.2. Nomogram określający jakość akustyczną wewnątrz sakralnych w zależności od wskaźnika  $W_{JAS}$

### 3. ZASTOSOWANIE GLOBALNEGO WSKAŹNIKA JAKOŚCI AKUSTYCZNEJ DO OCENY WYBRANYCH OBIEKTÓW SAKRALNYCH

Wyznaczenie globalnego wskaźnika jakości akustycznej świątyń metodą wskaźnikową było możliwe po obliczeniu wartości poszczególnych wskaźników cząstkowych.

Globalny wskaźnik oceny akustycznej zastosowano dla czterech kościołów rzymskokatolickich. Wyniki badań przedstawione są w tabeli 3.1. Badane świątynie na podstawie obliczonego wskaźnika  $W_{JAS}$  zostały sklasyfikowane do grupy pomieszczeń sakralnych o określonej jakości akustycznej co pokazano w tabeli 3.1. Najlepszymi właściwościami akustycznymi spośród badanych obiektów cechują się Kościół Najświętszego Serca Pana Jezusa w Krakowie oraz drewniany zabytkowy Kościół Świętego Sebastiana w Strzelcach Wielkich. Najgorsze właściwości akustyczne ma oparty na planie elipsy nowoczesny Kościół Św. Pawła Apostoła w Bochni.

Tabela 3.1. Porównanie właściwości akustycznych obiektów sakralnych za pomocą wskaźników cząstkowych

Obiekt sakralny	$W_p$	$W_{zm}$	$W_{zz}$	$W_m$	$W_b$	$W_{JAS}$	Ocena właściwości akustycznych
Kościół O.O. Reformatów, Wieliczka	0,88	0,33	0,1	0,26	0,32	<b>0,53</b>	dostateczne
Kościół Najświętszego Serca Pana Jezusa, Kraków	0,94	0,34	0,32	0,53	0,6	<b>0,62</b>	dobre
Kościół Świętego Sebastiana, Strzelce Wielkie	0,8	0,49	1	0,2	0,67	<b>0,71</b>	dobre
Kościół Świętego Pawła Apostoła, Bochnia	0,39	0,21	1	0,78	0,21	<b>0,47</b>	złe

Praca została wykonana w ramach grantu promotorskiego KBN nr 5 T07B 028 24

#### 4. WNIOSKI

Ocena właściwości akustycznych obiektów sakralnych przy użyciu wskaźnika globalnego jest dokonywana w sposób kompleksowy za pomocą jednej liczby. Dwa spośród badanych kościołów mają właściwości akustyczne dobre, natomiast pozostałe obiekty charakteryzują się dostatecznymi oraz złymi warunkami akustycznymi panującymi wewnątrz. Ocena metodą wskaźnikową pokrywa się z subiektywnymi opiniami wiernych oraz metodami adaptowanymi do oceny akustycznej wewnątrz sakralnych. Konieczne jest prowadzenie badań akustycznych w innych obiektach sakralnych w celu weryfikacji proponowanej metody wskaźnikowej.

#### LITERATURA

1. Z. ENGEL, K. KOSAŁA, Analiza metod stosowanych w ocenie akustycznej obiektów sakralnych, Kwartalnik AGH Mechanika, tom 21, zeszyt 1, Kraków 2002, 13-26.
2. Z. ENGEL, K. KOSAŁA, Analiza właściwości akustycznych wybranych kościołów rzymsko-katolickich, Mat. 50. Otwartego Seminarium z Akustyki OSA'2003, Gliwice-Szczyrk 22-27.09.2003, 65-69.
3. Z. ENGEL, K. KOSAŁA, Badania akustyczne kościoła w Psarach, Mat. XLIX OSA 2002, Warszawa-Stare Jabłonki 9-13 wrzesień 2002, 205-210.
4. Z. ENGEL, K. KOSAŁA, Reverberation Indices in Acoustic Assessments of Sacral Structures, Archives of Acoustics, 2004, 29,1,1-16, 2004.
5. Z. ENGEL, K. KOSAŁA, Wpływ zakłóceń zewnętrznych na jakość akustyczną wewnątrz sakralnych, Kwartalnik AGH Mechanika, tom 23, zeszyt 1, Kraków 2004, 155-160.
6. Z. ENGEL, K. KOSAŁA, Wskaźnik równomierności nagłośnienia w obiektach sakralnych, Mat. V Międzynarodowej Konf. Budownictwo Sakralne i Monumentalne, Białystok 2004, 65-72.
7. K. KOSAŁA, Metody oceny akustycznej pomieszczeń sakralnych, Praca magisterska napisana pod kierunkiem Prof. Z. Engela, AGH, Kraków, 2001.
8. M. NIEMAS, J. SADOWSKI, Z. ENGEL, Acoustic issues of sacral structures, Archives of Acoustics 23, 1, 87-104, 1998.
9. J. SADOWSKI, Akustyka architektoniczna, PWN. Warszawa, Poznań 1976.