

POMIARY AKUSTYCZNE SALI WIDOWISKOWEJ TEATRU IM. MARII ZAŃKOWIECKIEJ WE LWOWIE

Andrzej Kulowski*, Tadeusz Kamisiński**, Roman Kinasz***,
Włodimir Głotow****

*Politechnika Gdańska, Wydział Architektury, Katedra Techniki Budownictwa, 80-852 Gdańsk,
ul. Narutowicza 11/12, e-mail: kulowski@eti.pg.gda.pl

**Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Mechaniki
i Wibroakustyki, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: kamisins@agh.edu.pl

*** Politechnika Lwowska, Instytut Architektury, ul. S. Bandery 12, 79013 Lviv-13, Ukraina,
e-mail: rkinash@polynet.lviv.ua, Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i
Geotechniki, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: rkinash@agh.edu.pl

****Politechnika Lwowska, Instytut Geodezji, ul. S. Bandery 12, 79013 Lviv-13, Ukraina

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań obecnej akustyki Teatru Narodowego we Lwowie. Badania były o tyle istotne, że planowana jest modernizacja teatru, a obecna akustyka pomieszczeń jest uznawana przez użytkowników za poprawną. Prowadzone badania miały na celu określenie aktualnego stanu akustycznego pomieszczeń, co będzie stanowiło podstawę do opracowania takiego projektu prac, by akustyka pomieszczeń po modernizacji nie uległa pogorszeniu.

Słowa kluczowe: akustyka, modernizacja, zachowanie stanu

WPROWADZENIE

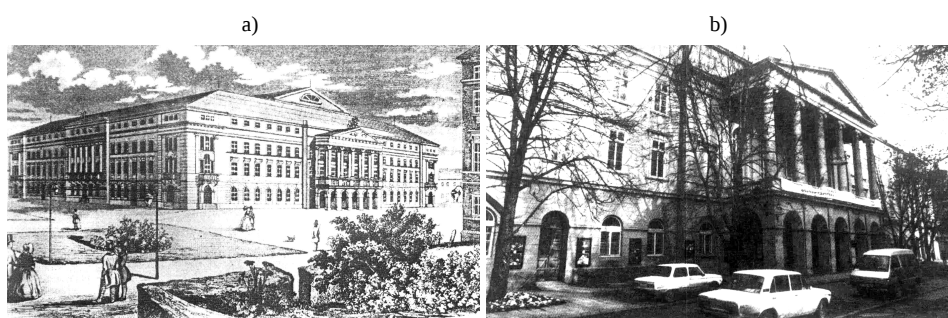
W związku z technicznym zużyciem się budynku mieszczącego Teatr Narodowy im. Marii Zańkowieckiej we Lwowie (Ukraina), planowany jest remont obiektu połączony z modernizacją sali widowiskowej i zaplecza scenicznego. Modernizacja spowoduje nieuniknione zmiany w akustyce sali, obecnie uznanej przez użytkownika za poprawną.

Celem pracy jest przedstawienie wyników pomiarów akustyki sali w stanie aktualnym. Dane te będą wykorzystane jako punkt odniesienia w projekcie akustycznym sali w celu uniknięcia zmian w akustyce idących w niekorzystnym kierunku.

OPIS OBIEKTU

Budynek Teatru jest pierwszym stałym obiektem o funkcji teatralnej wzniesionym we Lwowie. Do tego czasu, tj. do połowy XIX w. w mieście funkcjonowały jedynie teatry w obiektach drewnianych o tymczasowym charakterze oraz teatry plenerowe. Jednym z nich był cieszący się dużym zainteresowaniem Teatr Parkowy Wojciecha Bogusławskiego, mieszczący się w parku przylegającym do pałacu hetmana Jabłonowskiego.

Fundatorem obiektu jest hrabia Stanisław Skarbek, jeden z najzamożniejszych magnatów wschodniej Galicji tamtych czasów. Młody hrabia Skarbek często gościł w pałacu Jabłonowskich z powodu hetmanówny Zofii Jabłonowskiej, swojej późniejszej żony, i niewątpliwie bywał na sztukach wystawianych przez Wojciecha Bogusławskiego. Wtedy zapewne zrodziło się jego zainteresowanie teatrem, pogłębione później koligacją rodzinną z samym Aleksandrem Fredrą oraz kontaktami z Józefem Maksymilianem Ossolińskim, lwowskim mecenasem sztuki, literaturoznawcą i bibliofilem, założycielem fundacji swojego imienia w 1818 r.



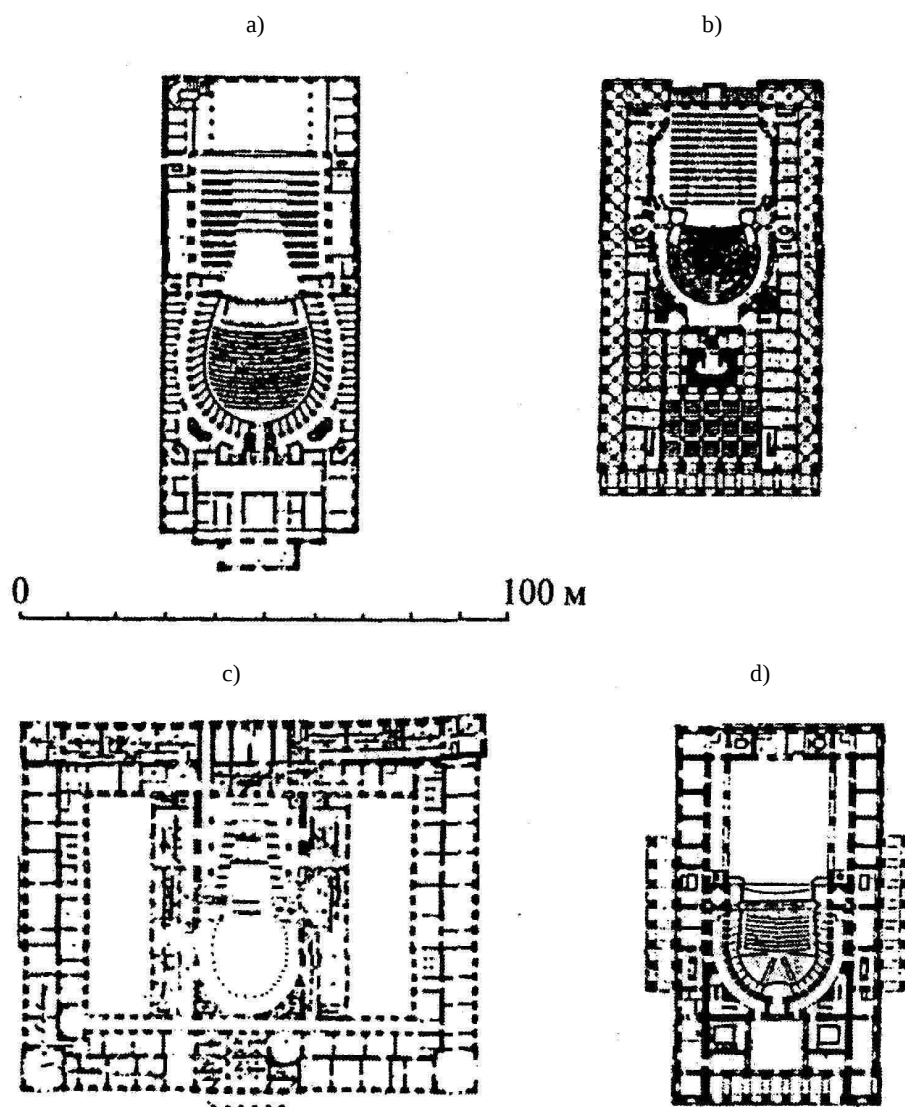
Rys. 1. Budynek teatru Skarbka we Lwowie, litografia z roku 1845 (a) i widok współczesny (b) [Janasz 2003]

Fig. 1. The building of the Skarbek theatre in Lwów, lithograph from 1845 (a) and a present view (b) [Janasz 2003]

Hrabia Skarbek, w młodości niezamożny, swój ogromny majątek zgromadził rozwijając hodowlę bydła i zaopatrując w mięso całą Galicję, w tym Lwów i Wiedeń. Ufundowany przez niego teatr jest obiektem o dużym formacie architektonicznym, którego wzniesienie zapoczątkowało okres rozwoju architektury teatralnej Lwowa. Budynek zaprojektowali z rozmachem jak na potrzeby ówczesnego 60-tysięcznego Lwowa, wiedeński architekt Ludwig Pichl i współpracujący z nim lwowski architekt Johann Zalcman. Obiekt wznoszony od roku 1836, został oddany do użytku w roku 1842 [Janasz 2003]. Teatr Skarbka od początku swojego funkcjonowania nadawał ton życiu kulturalnemu całej wschodniej Galicji.

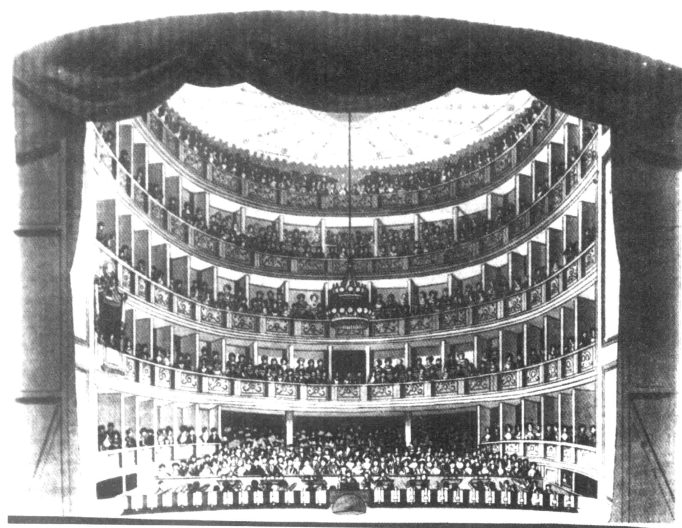
Widok bryły budynku pokazano na rysunku 1. Pogląd na temat rozmachu założenia architektonicznego daje porównanie rzutu teatru Skarbka z innymi europejskimi teatrami o podobnym kształcie widowni z przełomu XVIII i XIX w. (rys. 2).

Sala teatru Skarbka ma rzut podkowiasty. W swoim pierwotnym kształcie sala mieściła ok. 1400 widzów na parterze, w łóżach bocznych i na czterech balkonach. Po przebudowie dokonanej w okresie międzywojennym sala ma tylko dwa balkony rozmieszczone w większej odległości od siebie niż poprzednio (rys. 3, 4). Kubatura sali wynosi obecnie ok. 4500 m³, kubatura pudła scenicznego ok. 6500 m³, pojemność widowni 799 miejsc, w tym 531 na parterze i 268 na



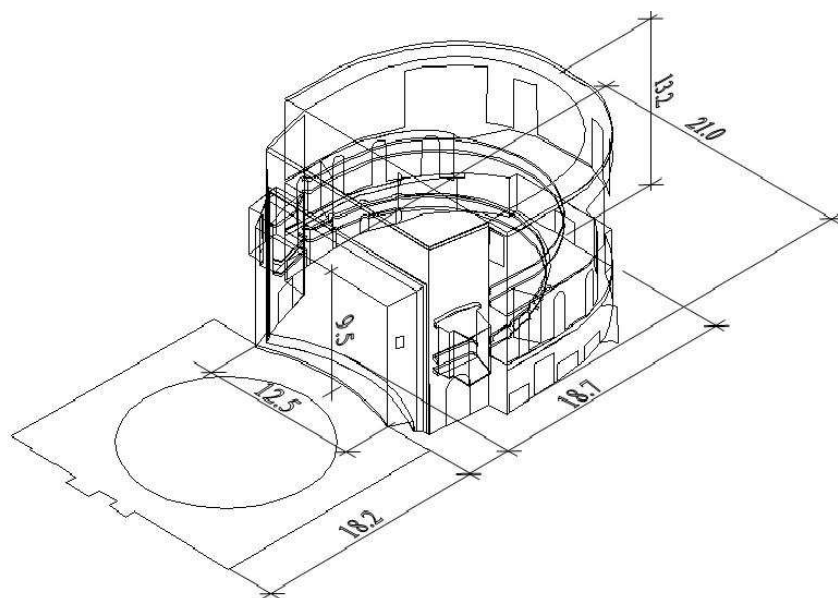
Rys. 2. Znane europejskie teatry o widowni podkowiastej z przełomu XVIII i XIX wieku [Janasz 2003]:
 a) Teatr La Scala w Mediolanie, 1778, pow. zabudowy 5800 m²; b) Teatr Wielki w Bordeaux, 1778-1780,
 pow. zabudowy 2780 m²; c) Teatr Skarbka we Lwowie, 1842, pow. zabudowy 7278 m²;
 d) Teatr Aleksandryjski w Sankt-Petersburgu, 1828, pow. zabudowy 3900 m²

Fig. 2. Famous European theatres with a horseshoe-shaped auditorium from the turn of the 18th and 19th centuries [Janasz 2003]: a) La Scala Theatre in Milan, 1778, gross surface area of 5800 m²; b) The Grand Theatre in Bordeaux, 1778-1780, gross surface area of 2780 m²; c) The Skarbek theatre in Lwów, 1842, gross surface area of 7278 m²; d) The Alexandrine Theatre in Saint Petersburg, 1828, gross surface area of 3900 m²



Rys. 3. Widownia teatru Skarbka we Lwowie, Sztych z roku 1842 [Janasz 2003]

Fig. 3. A view of the auditorium of the Skarbek theatre in Lwów, an etching from 1842 [Janasz 2003]



Rys. 4. Aksonometria sali teatru Skarbka, stan współczesny (inwentaryzacja autorów)

Fig. 4. Axonometry of the Skarbek theatre hall in Lwów, present state (inventory by the authors)

balkonach. Obecnie obiekt jest siedzibą Teatru Narodowego im. Marii Żankowej, pełniącego ważną funkcję w życiu teatralnym Lwowa i całej Ukrainy.

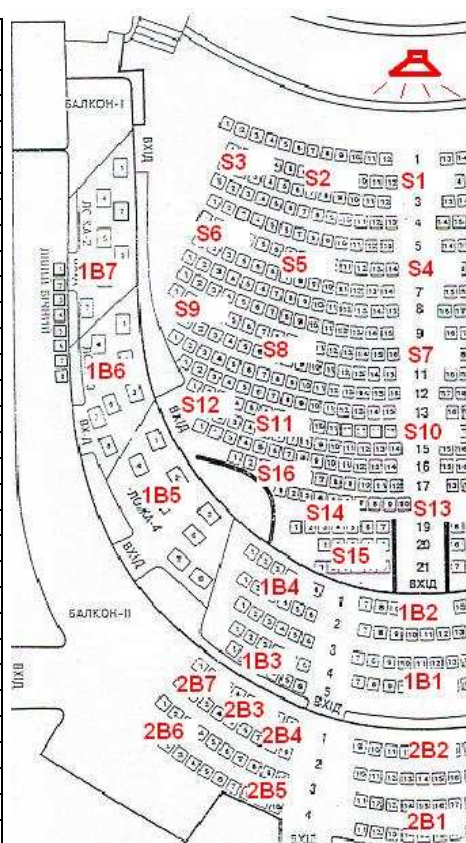
POMIARY AKUSTYCZNE SALI

Pomiary wykonano 10 sierpnia 2004 r. w pustej sali. W pomiarach wykorzystano sygnał MLS emitowany z głośnika wszechkierunkowego ustawionego na scenie, na osi symetrii sali. Sygnał był rejestrowany przez mikrofon umieszczony kolejno w 29 punktach równomiernie rozmieszczonych na widowni, w tym 14 na parterze i 15 na balkonach, a następnie przetwarzany komputerowo. Użyto programu komputerowego SIA Acoustic Tools, licencja nr XW9A 9JFV. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 5.

Tabela 1. Rozkład parametrów akustycznych w sali Teatru im. Marii Żankowieckiej we Lwowie (sala bez publiczności)

Table 1. Distribution of acoustic parameters in Maria Żankowiecka Theatre hall in Lwów (hall without the audience)

Punkt pom.	T, s	ITD, ms	C50	C80	STI	RA-STI
1b1	1,38	6,80	0,72	3,94	0,53	0,53
1b2	1,49	51,50	-2,31	3,71	0,47	0,58
1b3	1,52	9,50	-2,92	0,06	0,45	0,47
1b4	1,50	30,10	-2,98	0,87	0,46	0,50
1b5	1,58	11,60	-2,65	0,57	0,46	0,47
1b6	1,53	31,90	-1,17	1,64	0,47	0,50
1b7	1,38	35,10	-2,04	1,41	0,45	0,49
2b1	1,59	16,00	0,43	2,42	0,49	0,53
2b2	1,39	39,00	-0,55	2,80	0,54	0,52
2b3	1,37	29,60	-0,55	2,18	0,51	0,48
2b4	1,41	21,10	-0,54	1,99	0,53	0,51
2b5	1,48	16,20	-1,09	1,36	0,50	0,47
2b6	1,70	44,70	-3,55	-0,28	0,45	0,49
2b7	1,42	31,60	-3,21	0,67	0,50	0,48
s1	1,50	23,40	0,73	2,49	0,55	0,51
s2	1,44	18,50	1,67	3,27	0,56	0,53
s3	1,55	7,70	-0,56	0,91	0,47	0,52
s4	1,44	21,20	1,01	3,14	0,52	0,54
s5	1,51	30,00	0,09	2,06	0,50	0,52
s6	1,54	33,80	-1,48	0,54	0,47	0,50
s7	1,48	25,20	-0,40	2,95	0,52	0,54
s8	1,42	24,70	-0,48	2,39	0,46	0,53
s9	1,50	32,10	-2,25	0,23	0,47	0,48
s10	1,36	32,90	1,83	3,97	0,55	0,56
s11	1,42	23,40	-1,10	2,63	0,51	0,53
s12	1,46	5,60	-0,01	2,88	0,52	0,52
s13	1,41	18,30	-0,89	2,55	0,52	0,54
s14	1,54	17,50	0,88	4,09	0,54	0,57
s15	1,38	5,90	0,25	2,98	0,52	0,54
s16	1,43	25,00	0,64	2,70	0,51	0,52



Czas pogłosu badanej sali, po uwzględnieniu chłonności akustycznej wnoszonej przez publiczność, odpowiada wymaganiom stawianym salom przeznaczonym do słuchania mowy. Według tych wymagań, dla sali o kubaturze odpowiadającej badanemu teatrowi, tj. 4500 m³, czas pogłosu w zakresie

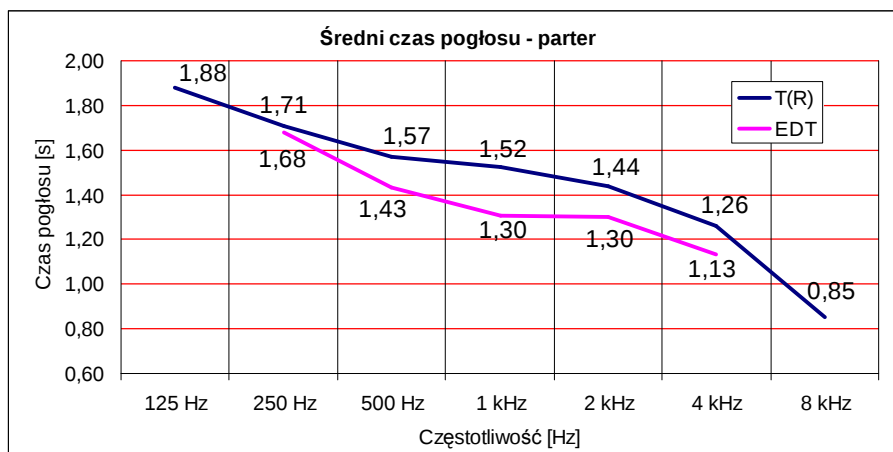
500 Hz-4 kHz wynosi ok. $1,2 \text{ s} \pm 10\%$ [Barron 1993]. Uwagę zwraca korzystna, pozbawiona formantów zależność czasu pogłosu od częstotliwości.

Tabela 2. Zalecane wartości mierzonych parametrów akustycznych [SIA Software Company]

Table 2. Recommended values of the measured acoustic parameters [SIA Software Company]

Parametr	Wartości zalecane oraz ocena subiektywna			
	excellent	good	fair	poor
C50, C80 [dB]	$C > 11$	$C > 5$	$-2 < C < 5$	$C < -2$
STI, RASTI [.]	$> 0,85$	0,75 - 0,85	0,55 - 0,75	0,35 - 0,55
ITD [ms]	$ITD < 35$	$35 < ITD < 50$		$ITD > 50$

Czas pogłosu (T) jest nieznacznie dłuższy od czasu wczesnego zaniku dźwięku (EDT). Taka zależność w zasadzie spełnia wymagania dotyczące wpływu tych parametrów na zrozumiałość mowy i wyrazistość brzmienia muzyki. Preferowaną relacją między T i EDT jest $EDT/T \geq 1$, dopuszcza się także wartości EDT mniejsze niż T ($EDT/T < 1$), lecz z różnicą nieprzekraczającą 15-20% [Jordan 1980, Barron 1993]. W rozważanym przypadku różnica ta nie przekracza ok. 10%, jedynie w paśmie oktawowym o częstotliwości środkowej 2 kHz wynosi ok. 16 %. Relacja $EDT/T < 1$ oznacza niewielki niedobór energii niesionej przez fale podlegające wczesnym odbiciom. Podczas modernizacji należy zwrócić uwagę na możliwość korekty akustyki sali w tym zakresie.



Rys. 5. Teatr im. Marii Żańkowieckiej we Lwowie – czas pogłosu i czas wczesnego zaniku dźwięku w funkcji częstotliwości; średnia z 14 punktów pomiarowych

Fig. 5. Maria Żańkowiecka Theatre in Lwów – reverberation time and early sound fadeout time as a function of frequency; mean from 14 measurement points

Poza nielicznymi obszarami widowni (skraj obu balkonów i peryferie balkonu górnego), czas opóźnienia między falą bezpośrednią i najwcześniej dochodzącą falą odbitą nie przekracza 35 ms, co sprzyja dobrej zrozumiałości mowy w sali. Jest to graniczna wartość dla sal przeznaczonych do słuchania mowy [Barron 1993].

Parametry C50, C80, STI oraz RASTI dotyczące zrozumiałości mowy wskazują na poprawną zrozumiałość w całej sali (fair), z wyjątkiem przedniej części oraz bocznych skrzydeł balkonu, gdzie zrozumiałość jest niewystarczająca (poor).

PRZEWIDYWANY WPŁYW MODERNIZACJI SALI NA JEJ AKUSTYKĘ

Zakres modernizacji sali nie jest jeszcze ustalony, nie należy się jednak spodziewać zmian ingerujących w konstrukcję budynku, w tym zwiększenia liczby balkonów. Ze względu na zużycie zostaną wymienione fotele oraz pokrycie podłogi, wnętrze zostanie odmalowane, rozważane jest także nawiązanie do historycznego wystroju sali. Omówiony niżej akustyczny wpływ tych elementów modernizacji na akustykę należy rozpatrywać łącznie, co wynika z wzajemnego kompensowania się ich niekorzystnego i korzystnego oddziaływania na akustykę sali.

Wymiana foteli. Fotele teatralne mają największą chłonność akustyczną spośród wszystkich elementów wyposażenia sali. Ich wymiana zwykle prowadzi do odczuwalnych słuchem zmian w akustyce sali, gdyż nowe fotele z reguły różnią się konstrukcją i rodzajem pokrycia od starych, używanych nierzadko przez kilkanaście lat, a nawet dłużej. Omówione w pracy pomiary akustyczne sali powinny być uzupełnione pomiarem chłonności akustycznej zarówno starych foteli po ich zdemontowaniu, jak i nowych, oferowanych przez dostawców (mierzony parametr: współczynnik pochłaniania dźwięku w funkcji częstotliwości $\alpha(f)$) [Kulowski i in. 2004]. Pozwoli to uniknąć niekontrolowanych zmian w akustyce sali. Zwraca się uwagę na wagę tego zalecenia, niestety często pomijanego przez architektów prowadzących projekty modernizacji sal.

Wymiana pokrycia podłogi. Wraz z wymianą foteli, wymianie lub remontowi podlega również pokrycie podłogi. W związku z dużym udziałem powierzchni podłogi w powierzchni wewnętrznej całej sali, poza cechami użytkowymi i wyglądem ważnym kryterium doboru materiału pokryciowego jest współczynnik pochłaniania dźwięku $\alpha(f)$. W szczególności dotyczy to materiałów miękkich (wykładziny dywanowe, krótkowłosiowe itp.), z reguły cechujących się dużą i mocno zróżnicowaną chłonnością akustyczną. Od wytwórcy tych materiałów należy żądać raportu z pomiarów współczynnika $\alpha(f)$. Materiały twarde, np. parkiet, tarkett, panele podłogowe itp., w związku z ich małą chłonnością akustyczną nie muszą podlegać pomiarowi.

Detale dekoracyjne na ścianach i suficie. Detale dekoracyjne w postaci kolumn, reliefów, rozrzeźbień, elementów figuralnych, zwłaszcza występujące

w dużej ilości, mają korzystny wpływ na akustykę sali w związku ze zwiększeniem stopnia rozproszenia dźwięku. W przypadku stosowania profili wklęsłych o dużych wymiarach (np. sufit w kształcie czaszy, wklęsły profil tylnej ściany lub podniebienia balkonu itp.) zaleca się zasięgnięcia konsultacji akustycznej ze względu na powstające wówczas niekorzystne zjawisko ogniskowania dźwięku.

Malowanie ścian i sufitu. Malowanie wnętrza prowadzi zwykle do zwiększenia pogłosowości sali w związku z usunięciem kurzu i wypełnieniem drobnych spękań powierzchni. Należy kontrolować ten parametr, gdyż nadmierna pogłosowość nie sprzyja zrozumiałości mowy.

PIŚMIENNICTWO

- Janasz J., 2003. Architektura teatrów Lwowa (koniec XVIII wieku i pierwsza połowa XIX wieku). Uniwersytet Lwowski im. Iwana Franko, Lwów.
- Jordan W., 1980. Acoustical Design of Concert Halls and Theatres. Applied Science Publishers LTD, London. Appendix III.
- Barron M., 1993. Auditorium Acoustics and Architectural Design. E & FN SPON. London. Chap. 9.6.1.
- Kulowski A., Kamisiński T., Łopacz H., 2004. Akustyka sali Filharmonii Śląskiej w Katowicach po modernizacji. Prace LI Otwartego Seminarium z Akustyki, Gdańsk, Uniw. Gdański, PAN – Komitet Akustyki, Wyd. UG.
- SIA Software Company, Inc. Acoustic and Analysis Software AcousticTools Ver. 4

ACOUSTIC MEASUREMENT OF THE THEATRE HALL OF MARIA ZAŃKOWIECKA THEATRE IN LWÓW

Abstract. The paper presents the results of measurements of the present acoustics of the National Theatre in Lwów. The research is important insofar as modernisation of the theatre is planned while the artists consider the present acoustics of the hall appropriate. The aim of the conducted research was to determine the present acoustic state of the hall. The results will constitute the basis for a design guaranteeing that the hall's acoustics will not deteriorate after the modernisation.

Key words: acoustics, modernisation, preserving the current state