

## АНАЛІЗ АКУСТИКИ ТЕАТРУ ІМЕНІ МАРІЇ ЗАНЬКОВЕЦЬКОЇ У ЛЬВОВІ НА ПІДСТАВІ ФОТОГРАМЕТРИЧНИХ ТА АКУСТИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

© Кінаш Р.І., Камісінський Т., Вачко А., 2008

За потреби під час ремонту будівлі театру імені Марії Заньковецької у Львові планується модернізація залу театру. Щоб визначити вплив зміни внутрішнього простору на акустичні параметри залу, було здійснено комп'ютерне моделювання звукового поля в залі. Дослідження проводили за допомогою програмного забезпечення CATT-Acoustic. Дані для комп'ютерного моделювання отримали за допомогою фотограмметричного аналізу геометрії залу та з акустичних вимірів залу в його теперішньому стані.

Due to physical deterioration of a building of Maria Zankovetska National Theatre in Lviv, modernization of the theatre's hall is planned. To determine the influence of modernization works on acoustical parameters of the hall, computer simulation of sound field in a hall has been performed by means of CATT-Acoustic software. The data for computer simulation are obtained from photogrammetric scanning of a hall geometry and from acoustical measurements of a hall at its present state.

### Формулювання проблеми

В історично-архітектурній спадщині Львова є багато будівель, що потребують реставрації та ремонту, зокрема акустичної модернізації внутрішнього простору глядацьких залів театрів. При виконанні реставраційних та ремонтних робіт в інтер'єрі залу постає проблема: параметри природної акустики можуть погіршитися – як зберегти оптимальні значення? Процес дослідження ускладнюється ще й тим, що акустичний комфорт потрібно зберегти в історичних інтер'єрах, де є багато ламаних поверхонь та архітектурних деталей, від яких відбивається звук, а у внутрішнє середовище цих приміщень не можна втручатися і змінювати інтер'єр (немає де розміщати відбиваючі чи поглинаючі поверхні).

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідження таких типів об'єктів тепер відбуваються дуже рідко, тому що реставрація зводиться максимум до ремонту приміщення чи будинку, але не до дослідження акустичних параметрів внутрішнього простору приміщення залу та застосування нових акустичних матеріалів. Проте, у книзі Юрія Ямаша [1] поданий історичний розвиток та варіанти типозмін і модернізацій будівель театрів (Львова зокрема), внутрішніх просторів глядацьких залів у них. Шляхом застосування ефективних архітектурних заходів, зокрема, застосуванням сучасних акустичних матеріалів у інтер'єрі залу і заміною покриття підлоги, оббивки крісел відповідно до норм, можна значно покращити акустичні параметри залу. Ці питання розглядаються у підручнику професора M. Barron [2], але вони пов'язані із акустичною адаптацією глядацьких залів театрів за допомогою застосування відбиваючих та поглинаючих поверхонь, зміною форми елементів залу та впровадження сучасних звукопоглинальних матеріалів.

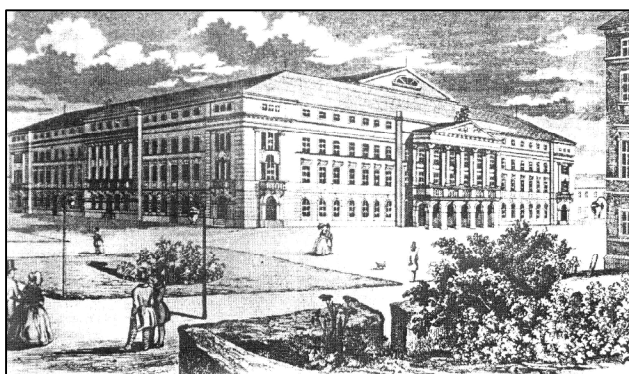
### Завдання статті

Метою статті є дослідження чинників, що впливають на акустичний дискомфорт в інтер'єрах глядацьких залів. Виявлення заходів для покращання “акустичного клімату” у час реставраційних робіт історичних інтер'єрів за допомогою комп'ютерного моделювання та опрацювання моделі в акустичних програмах. Застосування фотограмметричного методу побудови 3D моделі внутрішнього простору глядацького залу для подальшого опрацювання її в акустичних програмах.

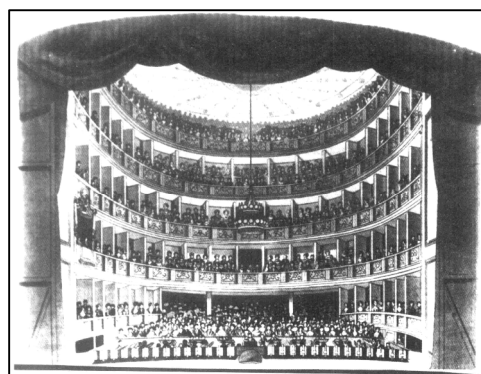
### Виклад основного матеріалу

У зв'язку з технічним використанням будівлі Національного театру імені Марії Занковецької у Львові відбувається плановий ремонт об'єкта, пов'язаний з модернізацією глядацького залу. Для визначення впливу цих робіт на акустику залу створено комп'ютерну модель акустичного поля в залі з використанням комп'ютерної програми САТТ-Acoustic. Модель побудовано за результатами фотограмметричних вимірювань геометрії залів, виконаних авторами за допомогою реставраційних служб у Львові, а також згідно з результатами акустичних вимірювань в залі.

**Опис об'єкта.** Будівля театру побудована в першій половині XIX століття за сприяння графа Станіслава Скарбка за проектом Ludwiga Pichla і Johanna Zalcmana [1]. Задум зодчих щодо побудови театру полягав у тому, щоби досягти у цьому об'єкті європейського рівня (рис. 1). Театр Скарбка від початку свого функціонування задавав тон культурному життю всієї східної Галичини. Тепер будівля функціонує як Національний театр імені Марії Занковецької, виконуючої важливу функцію в житті театрального Львова і всієї України.



a

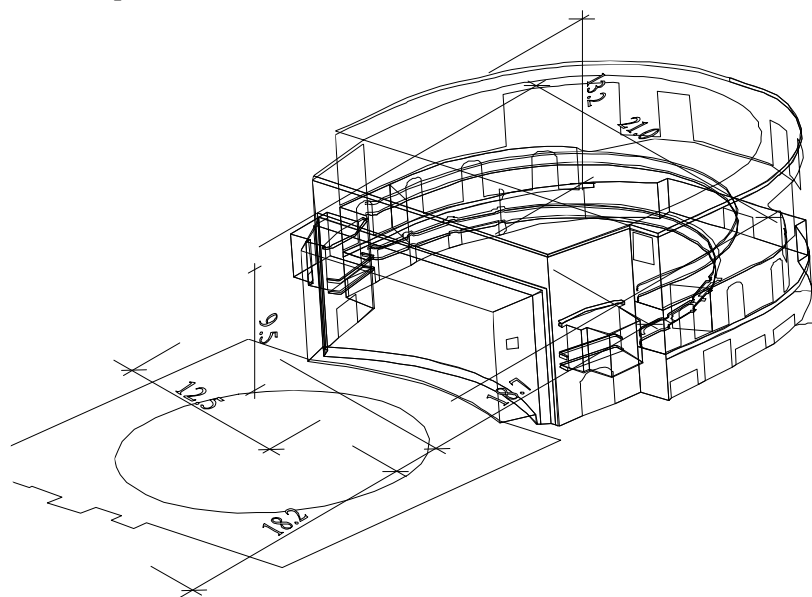


b

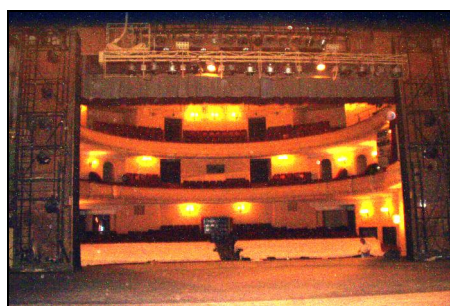
*Рис. 1. Театр Скарбка у Львові:*

*a – загальний вид будівлі, літографія з 1845 року;  
b – глядацький зал – первинний варіант внутрішнього простору,  
фото з 1842 року [1]*

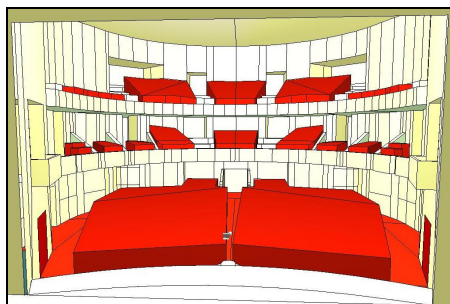
У своєму первинному вигляді глядацький зал мав приблизно 1400 місць, мав перший поверх, бічні ложі і чотири балкони. Тепер глядацький зал нараховує 799 місць, в тому числі 531 на першому поверсі і 268 на двох балконах (рис. 2). Сьогодні об'єм залу становить близько  $4500 \text{ м}^3$ , об'єм сценічної частини – приблизно  $6500 \text{ м}^3$ .



*Рис. 2. Аксонометрія залу, сучасний стан (розміри в метрах)*



a



b

Рис. 3. Театр імені Марії Занковецької в Львові – модельований (a) і реальний (b) вид зі сцени на глядацький зал

**Виміри акустики залу.** Планова модернізація залу передбачає зокрема заміну покриття підлоги, крісел, оновлення механічних приладів сцени, а також реставрацію та відновлення інтер'єру до ймовірного історичного стану залу. Така специфіка робіт сприятиме неминучим змінам в акустиці внутрішнього простору залу, яка тепер визнається як оптимальна.

Для окреслення сфери цих змін утворено цифрову модель акустичного поля в залі, що має ознаки подібності з оригіналом у значеннях вибраних акустичних параметрів (T30 і T15). Виконано акустичні вимірювання для фіксованих точок відношення до вірогідних змін акустики залу у теперішньому стані [3], а також підбір поверхонь поглинання звуку, які відповідають підібраним матеріалам в проєктованому залі для моделі акустичної відповідності з оригіналом. Моделювання виконано при застосуванні комп'ютерної програми САТТ-Acoustic v.8.g (рис. 3).

Доступні в літературі таблиці коефіцієнтів поглинання звуку мають схожі значення для багатьох матеріалів того самого вигляду. Наприклад, багато видів штукатурки, покриттів підлоги, театральних фотелів мають схожі коефіцієнти звукопоглинання. Числове значення відмінності між однаковими типами, наприклад, різних видів штукатурки виникає через їх хімічний склад, фактуру поверхні, види пофарбування,

ступінь утворення мікротріщин у “столітніх” штукатурках і т. п. Тому потрібно підібрати такий комплект матеріалів, який би у моделі найбільше відповідав фактичному, а також би давав найточніший збіг підрахованих значень параметрів акустики із зміряними.

На рис. 4 подано заміряне і пораховане у комп'ютерній моделі значення часу реверберації T і початкового часу загасання звуку EDT, середнє для всієї глядацької зали (узагальнене із 14 точок 29 пунктів рівномірно розставлених у партері глядацької зали та по балконах). У табл. 1 і на рис. 5 показано змодельований і дійсний параметр значення STI у глядацькому залі.

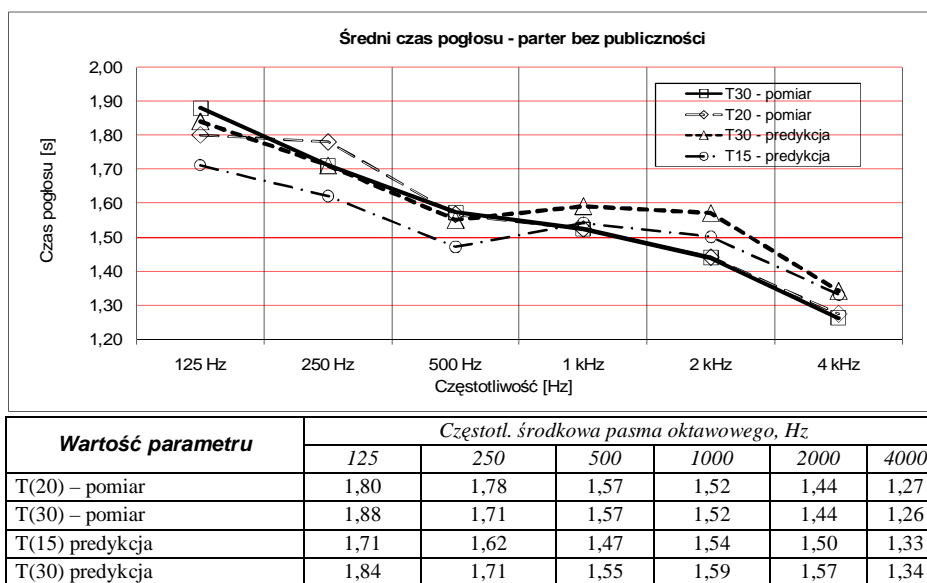


Рис. 4. Театр імені Марії Занковецької в Львові – реальне і модельоване значення часу реверберації T30 і початкового часу загасання звуку T15 у частотній функції. Середнє з 14 вимірювальних пунктів

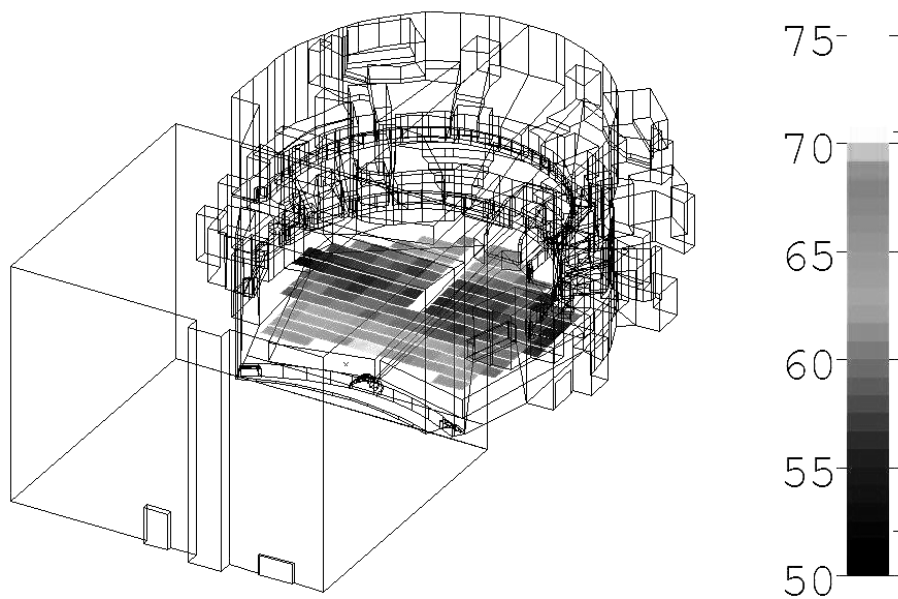
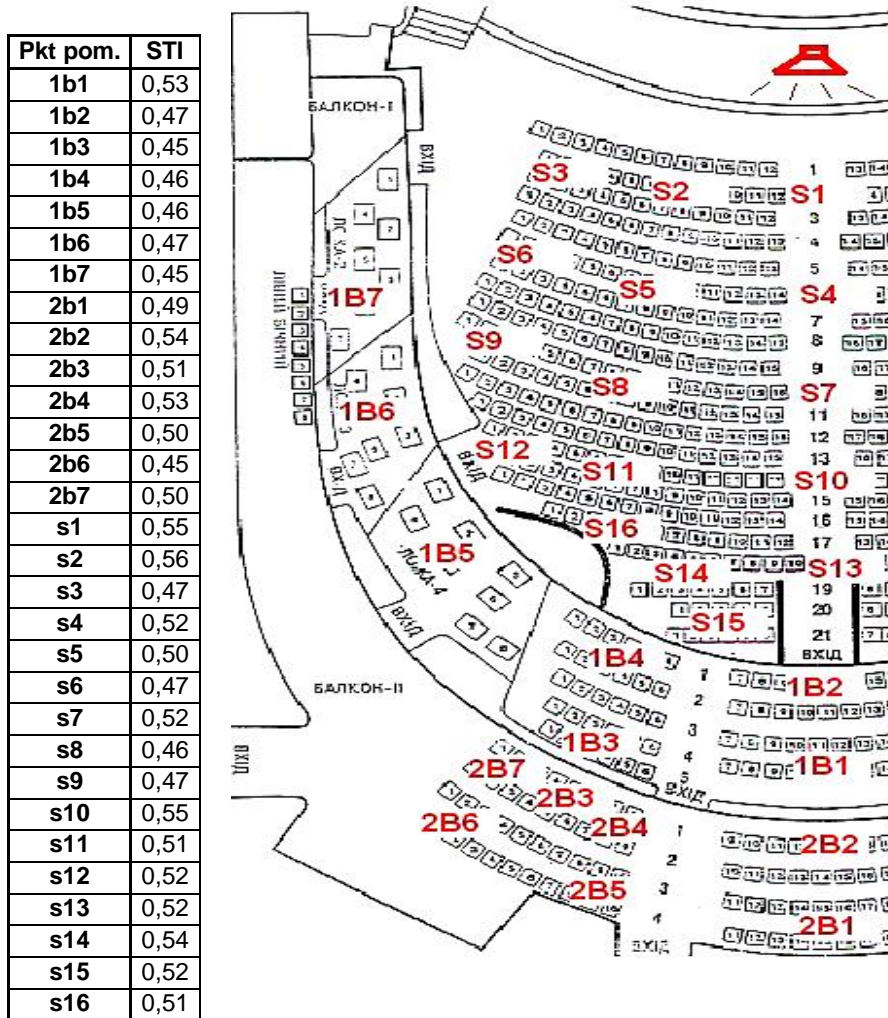


Рис. 5. Театр імені Марії Заньковецької у Львові.  
 Модельовані комп'ютерні показники параметра STI у партері глядацького залу (зал не заповнений)

## Рекомендовані значення параметра СТІ (Speech Transmission Index) [2, 4]

СТІ [.]	> 0,85	0,75–0,85	0,55–0,75	0,35–0,55
суб'єктивна зрозумілість, оцінка мови	<i>excellent</i>	<i>good</i>	<i>fair</i>	<i>poor</i>

## Висновки

Досліджено акустику глядацького залу, показано відтворення архітектурних цінностей одного з найбільших у ХІХ столітті театрів у східній частині Європи. Попри ремонтні роботи, пов'язані з поліпшенням технічного стану об'єкта (кондиціонування, освітлення, інсталяція опалення, поновлення механіки сцени, заміна фотелів і покриття підлоги, оздоблення інтер'єру та ін.), важливим є також відновлення історичного вигляду залу. Роботи ці передбачають аналіз конструкції будівлі в історичному аспекті, в аспекті перебудов, що проводились за час функціонування театру; а також характеристики матеріалів, вжитих до відновлення інтер'єру.

Комп'ютерна модель, описана у статті, буде використана для відтворення первинних акустичних параметрів залу. Також модель застосовували як допоміжну при формулюванні акустичних вимог до внутрішнього простору глядацького залу під час його модернізації.

1. Jamasz J. *Architektura teatrów Lwowa (koniec XVIII wieku i pierwsza połowa XIX wieku)* // Uniwersytet Lwowski im. Iwana Franko. – Lwów, 2003. 2. Barron M. *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. E & FN SPON. – London, 1993. Chap. 9.6.1. 3. Kulowski A., Kamisiński T., Kinasz R., Głotow W.: *Pomiary akustyczne sali Teatru im. Marii Zańkowieckiej we Lwowie*. I Międzynarodowa Konferencja “Architektura bez Granic”. – Lublin, 4–5 listopada 2004. 4. SIA Software Company, Inc.: *Acoustic and Analysis*.