

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АКУСТИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА БУДІВЕЛЬ ХРАМОВОГО КОМПЛЕКСУ

У статті розглядається формування акустичного середовища в храмових спорудах. Описано використання цифрових методів моделювання – STI, C80, які дозволяють оцінити параметри розбірливості мовлення, реверберації, звукоізоляції. Показано важливість моделювання при проектуванні нових і реконструкції існуючих об'єктів сакральної архітектури. У дослідженні використовується метод ауралізації – цифрове моделювання акустичних характеристик простору. Застосування цього методу дозволило реконструювати звукове середовище собору в контексті його первісного використання. Слід зазначити, що Вибір матеріалів оздоблення храму для поліпшення акустичних якостей приміщень ускладнюються неможливістю використання багатьох видів спеціальних акустичних матеріалів, що можуть порушити канони оздоблення залу храму. Мозаїки або фрески масляними фарбами дають майже на всіх частотах мінімальні значення звукопоглинання, відповідно, підвищують значення часу реверберації. Для зменшення часу реверберації в храмі існує не так багато засобів.

Це дослідження показує, наскільки критичним є врахування архітектурних особливостей, таких як форма конхи, для створення відповідного акустичного середовища. Воно також підкреслює, що акустика є невід'ємною частиною культурної та духовної спадщини.

Проведене дослідження показало ефективність цифрового акустичного аналізу при проектуванні храмових просторів. Застосування STI, C80 дозволяє отримати об'єктивні параметри звучання. Результати можуть слугувати основою для практичних рекомендацій при проектуванні і реконструкції сакральних об'єктів.

Ключові слова: акустика храму, STI, реверберація, C80, звукоізоляція.

Постановка проблеми. У храмових будівлях акустичне середовище має вирішальне значення для якісного сприйняття мовлення, співу та

загального звучання богослужінь. Проблема полягає в недостатній відповідності сучасних методів оцінювання до специфіки архітектури сакральних просторів, а також у складності обліку геометрії, об'ємів та оздоблення приміщень.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Розглянуто роботи з моделювання акустики історичних храмів, зокрема [1]. Акустичні параметри таких об'єктів досліджувались у працях [2, 4, 5], де застосовувались методи STI, STIPA.

Ціль статті. Ціль дослідження полягає у впровадженні сучасних методів цифрового аналізу акустики у практику проектування храмових споруд, а також у визначенні критеріїв для забезпечення належної розбірливості мовлення, реверберації та звукоізоляції згідно з чинними нормативами.

Основна частина. В сучасному будівництві храмів, нажаль, ігнорується замовником або архітектором розрахунок акустичного середовища, що призводить до акустичних дефектів, таких як луна або недостатньої дифузності розповсюдження звуку. Акустичний розрахунок храмових комплексів слід проводити в будівлях самого храму, церков та капличок, а також залах музичних подій та приміщеннях, де переважно звучатиме голос.

Для аналізу акустичного середовища храмів і інших приміщень та приведення його у відповідність до норм України, зокрема до ДБН В.2.2-16:2019, слід враховувати такі аспекти:

1. Рівень шуму

1.1. Забезпечення допустимого рівня шуму відповідно до ДБН В.1.1-31:2013. Наприклад, для приміщень з акустичними вимогами рівень шуму не повинен перевищувати 35-40 дБ.

1.2. Врахування зовнішніх джерел шуму (транспорт, міське середовище) та їх ізоляція.

2. Архітектурна акустика

2.1. Розташування джерел звуку

2.2. Аналіз перших відбиттів

2.3. Аналіз наявності луни

2.4. Підбір оздоблюючих матеріалів

2.5. Розрахунок часу реверберації з корегуванням матеріалів оздоблення

3. Розрахунок артикуляції

Джерело [1] представляє собою дослідження Стенфордського університету. Воно зосереджено на аналізі акустики собору Святої Софії в Константинополі. У роботі досліджується вплив архітектурних елементів, включаючи апсиду, на акустичні властивості приміщення. Проєкт

демонструє, як відбиття звуку від конхи та інших поверхонь створює унікальне акустичне середовище, сприятливе для богослужінь, і використовує методи ауралізації для відтворення звукових характеристик простору. Це дослідження важливе для вивчення взаємозв'язку архітектури та акустики у культових спорудах.

Основні аспекти дослідження:

1. Ауралізація:

- У дослідженні використовується метод ауралізації — цифрове моделювання акустичних характеристик простору.
- Застосування цього методу дозволило реконструювати звукове середовище собору в контексті його первісного використання.

2. Вплив архітектури апсиди:

- Апсида та конха собору, як важливий архітектурний елемент, сприяла спрямованості та посиленню звуку. Завдяки її формі відбитий звук досягав слухачів у залі з мінімальними втратами якості.
- Висока реверберація у приміщенні забезпечувала глибокий резонанс, який підкреслював музичний та мовний аспект богослужінь.

3. Мистецтво та звук:

- У дослідженні також розглядається взаємодія візуального та акустичного аспектів. Наприклад, мозаїки та інші декоративні елементи не лише мали естетичну функцію, але й впливали на відбиття звуку у приміщенні.

4. Історичний та духовний контекст:

- Проєкт ставить за мету не лише вивчення акустики, але й відновлення культурного та духовного досвіду.

Це дослідження показує, наскільки критичним є врахування архітектурних особливостей, таких як форма конхи, для створення відповідного акустичного середовища. Воно також підкреслює, що акустика є невід'ємною частиною культурної та духовної спадщини.

Дослідження [2] зосереджується на архітектурних, мистецьких та акустичних характеристиках середньовічних храмів, зокрема на ролі апсиди та конхи.

Основні аспекти роботи:

1. Конха як архітектурна і акустична зона:

- Розглядається вплив геометрії та декоративних елементів конхи на акустичні властивості храму.
- Акцентується увага на тому, як конха сприяла спрямуванню звуку, підсилюючи мовлення та спів.

2. Історичний контекст:

- У роботі аналізуються етапи розвитку середньовічних храмів, коли конха використовувалася для посилення акустичного досвіду.

3. Візуально-акустичний зв'язок:

- Мозаїки та інші елементи дизайну конхи не тільки прикрашали приміщення, а й впливали на розподіл звукових хвиль, що покращувало акустику простору.

4. Аналіз реверберації:

- Згадується, як архітектурні особливості могли формувати відбиття та забезпечувати оптимальний час реверберації для літургійного співу.

Джерело [3] дає рекомендації по зменшенню шуму та необхідність використання акустичних норм в храмах.

Джерело [4] представляє історичний аналіз розвитку акустики як науки загалом так і акустики храмів окремо. Саме середньовіччя надало поштовх розвитку науки формування акустичного середовища храмів. Завдяки масовому будівництву храмів та наступності архітектурного проектування серед монахів та світських архітекторів поступово на протязі століть викристалізовувались знання в області проектування акустичного середовища.

Нормативний документ ДБН В.1.1-31:2013 регламентує вимоги до акустичного комфорту в будівлях різного призначення, встановлюючи як граничні рівні внутрішнього шуму, так і показники звукоізоляції конструктивних елементів. Для храмових комплексів, що включають приміщення для богослужінь, лекцій, музичних виступів, навчальних занять, а також житлові і готельні кімнати, виділяють такі основні характеристики та принципи:

1. Для приміщень із чутливою акустикою (храм, кабінети для навчання, житлові, готельні кімнати) встановлюються максимально допустимі рівні

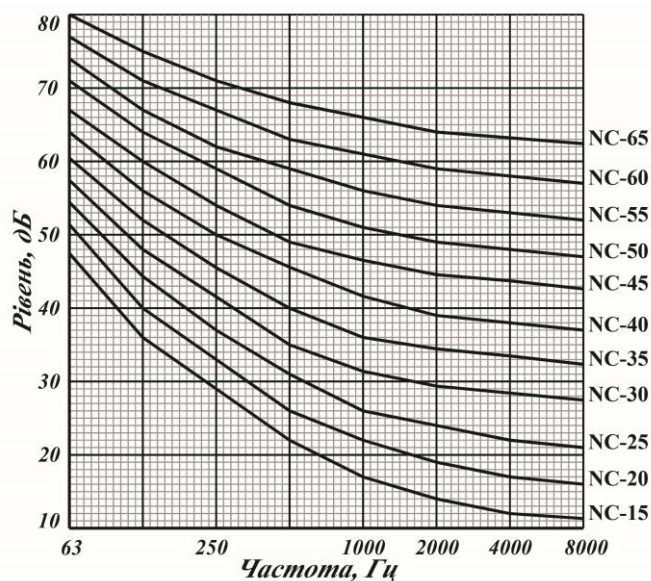


Рис. 1 Стандартизовані криві рівня шумів

фонових шумів. Це забезпечує мовну зрозумілість, комфорт та сприятливий мікроклімат. Стандарт формулює: "Фоновий рівень шуму у приміщеннях з підвищеними вимогами до мовної чіткості не повинен перевищувати 35 дБ".

2. Приміщення, де відбуваються лекції й організовуються заходи (лекторій), потребують не лише низького рівня зовнішнього шуму, але й оптимальних показників реверберації для забезпечення зрозумілості мовлення. У таких

зкладах допускається дещо вищий рівень шуму порівняно з тихими приміщеннями, проте з обов'язковим контролем акустичних характеристик.

У стандарті зазначається: "Для забезпечення чіткості звучання мовленнєвої інформації в аудиторних приміщеннях рівень внутрішнього шуму має бути обмежено до значень, що не перевищують 40 дБ"

Західна література спирається в дослідженні шумів на графік стандартизованого рівня шумів NC (Noise Criterion Curves), який можна використовувати для розрахунків (рис.1). Наприклад, для студій звукозапису рівень має бути NC-15, NC-30: Вказує на більш низький рівень шуму, який підходить для тихих приміщень, таких як спальні або бібліотеки, NC-35: рекомендований рівень для храму, NC-40: Прийнятний для офісних приміщень або кімнат, де потрібно зберігати певний рівень зосередження, NC-50: Більш високий рівень шуму, який може бути допустимим для більш активних середовищ, таких як ресторани, кафе, кав'ярні, трапезні.

3. Зали для хору та музики вимагають особливої уваги з точки зору якості звукового середовища. Тут крім обмеження фонових шумів звертають увагу на оптимальний час реверберації, який має забезпечувати як природне насичення музичного звучання, так і збереження чіткості окремих звуків.

Стандарт рекомендує: "Оптимальний час реверберації для приміщень музичного призначення становить 1.3–1.8 секунд, що дозволяє досягти балансу між природнім звучанням і розбірливістю окремої артикуляції", а також підкреслює важливість звукоізоляції між суміжними приміщеннями шляхом вимоги мінімального показника ізоляції, що часто має становити не менше 45–50 дБ.

4. У житлових і готельних приміщеннях особливе значення має шумоізоляція як від зовнішніх джерел (транспорт, міський шум), так і між внутрішніми приміщеннями. Це сприяє збереженню спокою, відпочинку та належного акустичного мікроклімату.

За стандартом: "Забезпечення достатньої звукоізоляції житлових і готельних кімнат має гарантувати, що рівень шуму в цих приміщеннях не перевищує 35–40 дБ.

Загалом, ДБН В.1.1-31:2013 наголошує, що якість акустичного середовища досягається за рахунок комплексного застосування конструктивних заходів: вибору відповідних звукоізоляційних матеріалів, продуманого просторового рішення, розрахунку часу реверберації та контролю рівнів шуму як із зовнішніх джерел, так і від внутрішніх інженерних комунікацій. Ці вимоги забезпечують створення умов, які відповідають функціональному призначенню кожного приміщення в комплексі, сприяють здоров'ю користувачів і підвищують комфорт перебування.

ДБН В.2.2-16:2019 – це сучасний норматив, який окреслює вимоги до забезпечення оптимального акустичного середовища в будівлях різного функціонального призначення, зокрема в багатофункціональних комплексах, до складу яких входять храм, лекторій, зал для хору та музики, а також кабінети для навчання. Нижче наведено основні характеристики з документу з прив'язкою до аспектів контролю шуму, акустики, реверберації та артикуляції:

1. Шум та загальна акустика

За ДБН В.2.2-16:2019 приміщення, де відбувається мовна діяльність (лекторії, кабінети) чи звершуються богослужіння, повинні забезпечувати низький фоновий рівень шуму. Наприклад, норматив формулює: «Рівень фонових шумів у приміщеннях з підвищеними вимогами до звучання не повинен перевищувати 35–40 дБ»

Це положення має гарантувати, що акустичне середовище дозволяє зберегти чистоту та розбірливість мовлення, а також адекватне музичне сприйняття у відповідних зонах.

2. Реверберація

Документ визначає оптимальні часові параметри реверберації залежно від призначення приміщення:

- Для залів богослужбового та музичного призначення рекомендовано забезпечувати «оптимальний час реверберації від 1.8 до 2.5 секунд», що сприяє досягненню насиченості звучання, зберігаючи водночас баланс між природністю акустичного простору та збереженням артикуляції.

- Для аудиторій, кабінетів і лекторіїв, де основною задачею є розбірливість мовних сигналів, допускається менший час реверберації, який, за нормативом, «не повинен перевищувати 1.2–1.8 секунд».

Це дозволяє знизити накладання звукових хвиль, що може призводити до нечіткості сприйняття мови.

3. Артикуляція (розбірливість)

Розбірливість звуку в приміщеннях визначається як співвідношення між часом затухання звукових хвиль і стійкістю артикуляції мовлення. Норматив встановлює:

«Мінімальний коефіцієнт артикуляції мовлення має бути не менше 0.6», що гарантує достатній рівень артикуляції, навіть при тривалій реверберації у музичних або богослужбових залах. Для приміщень з інтенсивною мовною діяльністю цей показник є критичним для забезпечення зрозумілості та комфортного сприйняття інформації.

Крім того, ДБН В.2.2-16:2019 наголошує на необхідності комплексного підходу до акустичного проєктування. Це включає розуміння особливостей конструктивного рішення, використання матеріалів із високими звукопоглинаючими властивостями та продуманість просторової організації,

що разом дозволяє досягти поставлених акустичних характеристик у кожному із приміщень храмового комплексу.

Також ДБН надає наступну вимогу: «11.18 Наступним етапом акустичного проектування зали є комп'ютерне моделювання і розрахунок локальних акустичних критеріїв: для оцінки розбірливості мови – індекс передачі мови STI або STIPA, для оцінки прозорості (ясності) звучання – індекс ясності C80, для оцінки просторового враження – енергія ранніх бокових відбиттів JLF, для оцінки гучності - індекс гучності G. Якщо показники будь-якого із критеріїв будуть відрізнятись від рекомендованих, то слід провести додаткову корекцію проекту зали для глядачів.»

STI (Speech Transmission Index) – це показник, який характеризує розбірливість мовного сигналу в приміщенні. Значення STI змінюється від 0 до 1, де наближення до 1 свідчить про дуже високу розбірливість. При розрахунках враховуються всі фактори, що впливають на передачу мовлення: реверберація, фоновий шум, затримки сигналу й інші спотворення. Цей індекс широко використовується при проектуванні аудиторій та інших просторів, де важлива чіткість мовлення.

STIPA (Speech Transmission Index for Public Address) – спрощена версія STI, розроблена для швидкого та практичного вимірювання якості систем публічного звучання. STIPA дозволяє оцінити акустичну якість у приміщеннях, де використовують підсилення голосу або мовних систем, і особливо ефективна в умовах високої реверберації та змінного фонового шуму.

C80 – це індекс, що характеризує ясність музичного звучання. Він розраховується як логарифмічне відношення енергії, що надійшла протягом перших 80 мілісекунд після прямого сигналу, до енергії, що надійшла після 80 мс (пізні відбиття). Високе значення C80 вказує на переважання енергії ранніх відбиттів, що сприяють кращій артикуляції музичних деталей і чіткості звучання в концертних залах або просторах приміщеннях.

G – показник звукової сили (Sound Strength). Він визначає різницю між рівнем звукового тиску, який спостерігається в конкретній точці приміщення, і референтним рівнем, виміряним у вільному полі на відстані 10 м від джерела звуку. Значення G дозволяє оцінити, наскільки приміщення підсилює або, навпаки, приглушує звукове поле, що є важливим при аналізі якості звукового простору.

J_{LF} – спеціальний індекс для оцінки впливу пізніх звукових хвиль (запізнілих відбиттів) на розбірливість мовлення. Він дає змогу проаналізувати, який внесок пізні відбиття роблять у загальне акустичне поле, і чи не знижують вони артикуляційну ефективність (тобто здатність сприймати мовні сигнали). Це особливо важливо для приміщень, де високий

рівень розбірливості є критичним (лекторії, кабінети для навчання, а також приміщення для богослужінь).

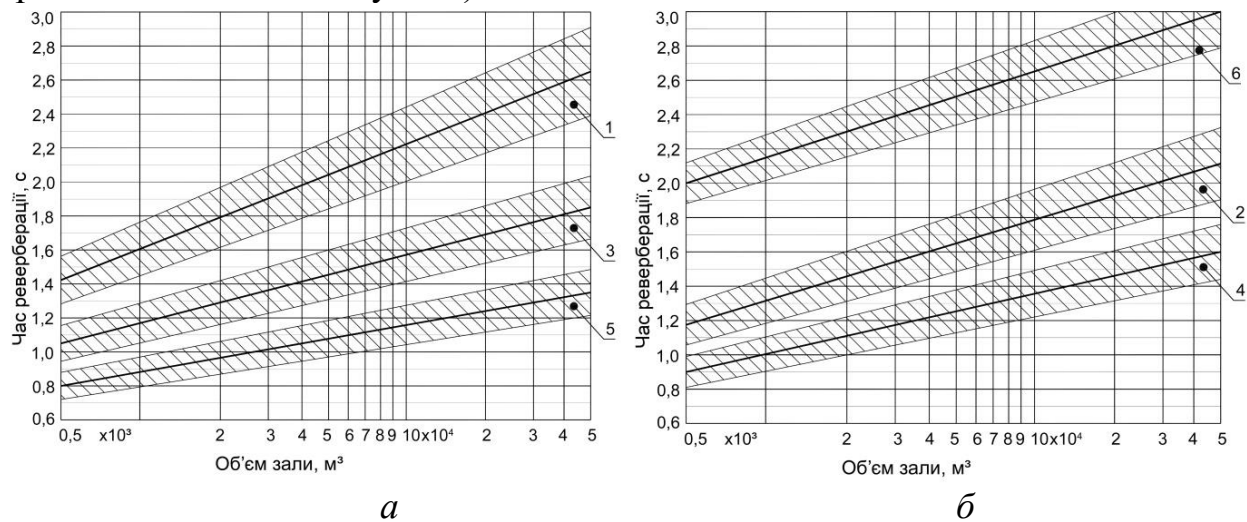


Рис. 2. *а* – рекомендовані оптимальні значення часу реверберації на середніх частотах (500 Гц – 1000 Гц) для залів різного призначення в залежності від їх об'єму: 1 – зали для ораторій і органної музики; 3 – зали для камерної музики, зали оперних театрів; 5 – лекційні і конференц-зали, зали засідань, зали драматичних театрів, кінозали. (Заштрихована полоса показує рекомендуємі границі розрахункового часу реверберації на частотах 500-1000Гц). *б* – рекомендовані оптимальні значення часу реверберації на середніх частотах (500 Гц – 1000 Гц) для залів різного призначення в залежності від їх об'єму: 2 – зали для симфонічної музики; 4 – зали музично-драматичних театрів, зали багатоцільового призначення, спортивні зали; 6 – зали культових споруд. (Заштрихована полоса показує рекомендуємі границі розрахункового часу реверберації на частотах 500-1000Гц)

У комплексних акустичних розрахунках і проєктуванні всі ці показники використовують як доповнюючі інструменти для оптимізації звукового середовища відповідно до функціонального призначення приміщення. Для залів, де проводяться музичні заходи, важливим є забезпечення достатнього C_{80} і оптимального часу реверберації, а для аудиторій – високий STI або $STIPA$ і контроль над впливом запізнілих відбиттів (індекс J_{LF}).

Нормативні значення реверберації, наведені в ДБН В.2.2-16:2019 показують значення для приміщень різного призначення, однак, норми зазначають можливість відхилу від нормативних значень, що дозволяє окреслити мінімальні та максимальні параметри. На рис. 2 врахована рекомендація допустимого відхилу від рекомендованих значень, що не повинен перевищувати 15%, це надає можливість отримати максимальне та мінімальне значення реверберації для кожного випадку.

Джерелами звуку є положення священника в алтарному просторі, на амвоні, в залі, також джерелом звуку є хор. Засобами геометричної акустики

необхідно побудувати відбиття звукових променів від внутрішніх поверхонь на поверхню прихожан.

Для розподілу оздоблювальних матеріалів з необхідними коефіцієнтами звукопоглинання необхідно за допомогою геометричних побудов відбиттів обрати три типи поверхонь:

- *Поверхні, що дають перші відбиття для підсилення прямого звуку.* У випадку храму, саме перші відбиття виводять звук із алтарного простору, використовуючи стіни, стелі, а головне, конху апсиди. Поверхня конхи увігнута. Відповідно, відбиті промені мають квазіфокальну поверхню. Вкрай важливо формоутворення конхи робити таким чином, щоб перетин відбитих променів відбувався над іконостасом, забезпечуючи дифузне поле на поверхні прихожан.

- *Поверхні, що дають луну.* Це поверхні, для яких значення запізнювань інтенсивних звукових відбиттів становлять 25 мс. Зали храмів мають високі стелі, склепіння, купола, саме від них відбиття можуть давати луну. Щодо храмів, існують три способи для боротьби з цим акустичним дефектом. Перший, це оздоблення поверхонь, що дають луну, матеріалами з великими коефіцієнтами звукопоглинання на частотах 125-4000 Гц. Другий, приведення поверхні до форми, що сприятимуть розсіюванню відбитої звукової енергії. Третій – перенаправлення відбитої енергії на розсіюючі або звукопоглинаючі області, коли звукова енергія відбивається на стіни бані, подрібнені ребрами, пілястрами та вікнами.

- *Поверхні, що дають повторні відбиття.* Таких поверхонь більшість, вони найбільш впливають на значення реверберації.

Вибір матеріалів оздоблення храму для поліпшення акустичних якостей приміщень ускладняються неможливістю використання багатьох видів спеціальних акустичних матеріалів, що можуть порушити канони оздоблення залу храму. Мозаїки або фрески масляними фарбами дають майже на всіх частотах мінімальні значення звукопоглинання, відповідно, підвищують значення часу реверберації. Для зменшення часу реверберації в храмі існує не так багато засобів. Серед них:

- Збільшення кількості об'ємних декорів. Активні барокові декори розсіюють звукову енергію та збільшують площу звукопоглинаючих поверхонь

- Використання пористих звукопоглинаючих штукатурок, з фресками фарбами, що не закривають пори штукатурки

- Використання спеціальних звукопоглинаючих матеріалів, що не порушують канонів Церкви

- Використання килима в зоні богослужіння для зменшення часу реверберації при невеликій кількості людей в залі.

Висновки. Проведене дослідження показало ефективність цифрового акустичного аналізу при проектуванні храмових просторів. Застосування STI, C80 дозволяє отримати об'єктивні параметри звучання. Результати можуть слугувати основою для практичних рекомендацій при проектуванні і реконструкції сакральних об'єктів.

Література

1. *Abel, J. S., & Huang, P.* (2020). Auralization | Icons of Sound. *Stanford University*. Retrieved from
2. *Mackie, G. D.* (2019). The Apse Mosaic in Early Medieval Rome. *Cambridge University Press*. Retrieved from
3. Культові будинки та споруди різних конфесій: Посібник з проектування / Під. ред. В.В. Куцевича. Київ: КиївЗДНІЕП, 2002. 117 с.
4. *Enedina Alberdi, Miguel Galindo, Angel L. León-Rodríguez and Jesús León* Acoustics in Baroque Catholic Church Spaces. *Acoustics* 2024, 6, 911–932.
5. *Sygulska A.* Acoustic Study of a Baroque Church. *Vibrations in Physical Systems* 2020, 31, 2020228 [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://vibsys.put.poznan.pl/_journal/2020-31-2/articles/vibsys_2020228.pdf](https://vibsys.put.poznan.pl/_journal/2020-31-2/articles/vibsys_2020228.pdf)
6. *Козак Ю.В.* Акустический расчет Церкви Казанской Иконы Божьей Матери в городе Киеве / *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 1997. Вип. 62. С. 204–206.

References

1. *Abel, J.S. & Huang, P.* (2020). Auralization | Icons of Sound. Stanford University. Available at: <https://ccrma.stanford.edu/groups/iconsofsound/auralizations/> [Accessed 20 Apr. 2025]. {in English}.
2. *Mackie, G.D.* (2019). The Apse Mosaic in Early Medieval Rome. Cambridge University Press. Available at: <https://www.cambridge.org/core/books/apse-mosaic-in-early-medieval-rome/bibliography/3C21BC5AD6FD721C39F6E71B081F7592> [Accessed 20 Apr. 2025]. {in English}.
3. *Kutsevych, V.V.* (ed.) (2002). Religious Buildings and Structures of Various Denominations: Design Manual. Kyiv: KyivZDNIIEP. {in Ukrainian}
4. *Alberdi, E., Galindo, M., León-Rodríguez, A.L. & León, J.* (2024). Acoustics in Baroque Catholic Church Spaces. *Acoustics*, 6(4), pp.911–932. <https://doi.org/10.3390/acoustics6040051> {in English}.
5. *Sygulska, A.* (2020). Acoustic Study of a Baroque Church. *Vibrations in Physical Systems*, 31, 2020228. Available at: https://vibsys.put.poznan.pl/_journal/2020-31-2/articles/vibsys_2020228.pdf [Accessed 20 Apr. 2025]. {in English}.

6. Kozak Yu.V. Akusticheskiy raschet Tserkvi Kazanskoy Ikonyi Bozhey Materi v gorode Kieve / *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. 1997, Vyp. 62, stor. 204-206. {in Ukrainian}.

PhD, assoc. prof **Yuriy Kozak**,
kozakyuriy1@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8723-3779

as. **Oleh Stepanov**,
eklesia_arh@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2829-2538
Kyiv National University of Construction and Architecture

USING MODERN RESEARCH METHODS IN DESIGNING THE ACOUSTIC ENVIRONMENT OF THE TEMPLE COMPLEX BUILDINGS

*The article explores the creation of an acoustically favorable environment in temple buildings using modern digital modeling methods. It discusses standardized noise levels, reverberation times, speech intelligibility indices (STI, STIPA), and sound clarity metrics (C80, G, J_{LF}). The authors highlight the importance of accounting for architectural features like apses, vaults, and domes in acoustic design. Geometric acoustics and digital auralization techniques are applied to assess sound reflection patterns and optimize wall and ceiling treatments. Particular attention is given to minimizing echo and controlling background noise, while preserving aesthetic integrity. The study utilizes the method of auralization—digital modeling of the acoustic characteristics of a space. The application of this method allowed for the reconstruction of the cathedral's sound environment in the context of its original use. It should be noted that the selection of temple finishing materials to improve the acoustic qualities of the premises is complicated by the impossibility of using many types of special acoustic materials that might violate the canons of temple hall decoration. Mosaics or oil frescoes result in minimal sound absorption across almost all frequencies, consequently increasing the reverberation time. There are not many ways to reduce the reverberation time in a temple. This research demonstrates how critical it is to consider architectural features, such as the shape of the conch, for creating an appropriate acoustic environment. It also emphasizes that **acoustics are an integral part of cultural and spiritual heritage**. The conducted research has shown the effectiveness of digital acoustic analysis in the design of temple spaces. The application of **STI** (Speech Transmission Index) and **C80** (Clarity 80ms) allows for obtaining objective sound parameters. The results can serve as a basis for practical recommendations in the design and reconstruction of sacred objects.*

Keywords: temple acoustics; reverberation; speech clarity; STI; C80; architectural acoustics.