

С. М. Порошин, В. В. Усик, І. С. Беліков

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

## МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ АКУСТИЧНИХ УМОВ ПЕРЕДАЧІ МОВНОГО КОНТЕНТУ В ПРИМІЩЕННЯХ МАЛИХ ОБСЯГІВ

**Анотація.** Предметом дослідження у статті є методологія проведення експертизи приміщень малих обсягів з використанням переважно мовного контенту. **Метою роботи** є аналіз усіх етапів проведення акустичної експертизи для приміщень переговорних, конференц-залів, прес-центрів, визначення обсягів та послідовності проведення етапів з урахуванням специфічних обмежень та умов, що виникають у приміщеннях малих обсягів. У роботі розглянуто всі етапи акустичної експертизи на прикладах реальних приміщень переговорних, конференц-залів, прес-центрів. Послідовність етапів експертизи при її проведенні для приміщень малих обсягів не зазнала значних змін порівняно з послідовністю, яка використовується для глядацьких залів. Основною відмінністю, при проведенні першого етапу акустичної експертизи в приміщеннях малих обсягів з використанням мовного контенту, є аналіз структур ревербераційного процесу в місцях прослуховування з метою виявлення недоліків формування дифузного поля, замість робіт з перевірки геометрії огорожувальних поверхонь стінових і стельових панелей, що проводиться з використанням геометричної теорії. Особливістю другого етапу є розробка рекомендацій для підвищення звукопоглинаючих властивостей огорожувальних поверхонь та усунення ефекту багаторазового перевідбиття звукової енергії між паралельними поверхнями, за рахунок використання часткової заміни геометрії поверхонь, роботи з підвісними стельовими конструкціями та використання звукопоглинальних штор (для корекції властивостей скляних поверхонь). Третій та четверті етапи експертизи залишилися незмінними.

**Ключові слова:** акустична експертиза; етапи акустичної експертизи; структура ревербераційного процесу; оптимальні акустичні умови.

### Вступ

З усього різноманіття приміщень, які потребують створення оптимальних акустичних умов, слід виділити групу приміщень спеціального призначення, а саме: переговорні, конференц-зали, зали засідань, прес-центри. Подібні приміщення відрізняються низкою специфічних особливостей, наявність яких визначає етапи проведення акустичної експертизи, обсяг робіт під час її проведення, використання спеціальних заходів щодо оптимізації звукового поля. До таких особливостей можна віднести:

- малий обсяг приміщення, що призводить до істотного впливу спектра власних частот на звуковий контент, а також зменшується кількість можливих варіантів корекції геометрії профілів огорожувальних конструкцій з метою підвищення дифузності звукового поля;

- будівельні та оздоблювальні матеріали, що застосовуються – використання у великій кількості скляних поверхонь (стіл, дверей), легких перегородок, що призводить до обмежень щодо розробки рекомендацій для оптимізації частотної залежності часу реверберації та формування заданої структури ревербераційного процесу в контрольних точках;

- звуковий контент – основним звуковим контентом для приміщень переговорних, конференц-залів, прес-центрів та залів засідань є мовленнєвий контент, а відповідно, проведення всіх етапів акустичної експертизи спрямоване на задоволення вимог ясності та розбірливості мовного матеріалу.

**Постановка задачі.** Основним завданням у роботі є розгляд методів корекції акустичних властивостей спеціальних приміщень малих обсягів з метою підвищення якості передачі мовного контенту [1-4, 8]. Під час проведення акустичної експертизи необхідно вирішити низку завдань:

1) визначити роль та послідовність проведення етапів акустичної експертизи з урахуванням особливостей приміщень;

2) виявити специфічні умови або особливі обмеження, що вплинуть на обсяг, порядок та результати проведення етапів акустичної експертизи [5-7];

3) обрати найбільш інформативні показники якісної оцінки акустики приміщення малих обсягів;

4) провести розробку рекомендацій для корекції акустичних умов з урахуванням існуючих спеціальних обмежень.

### Результати досліджень

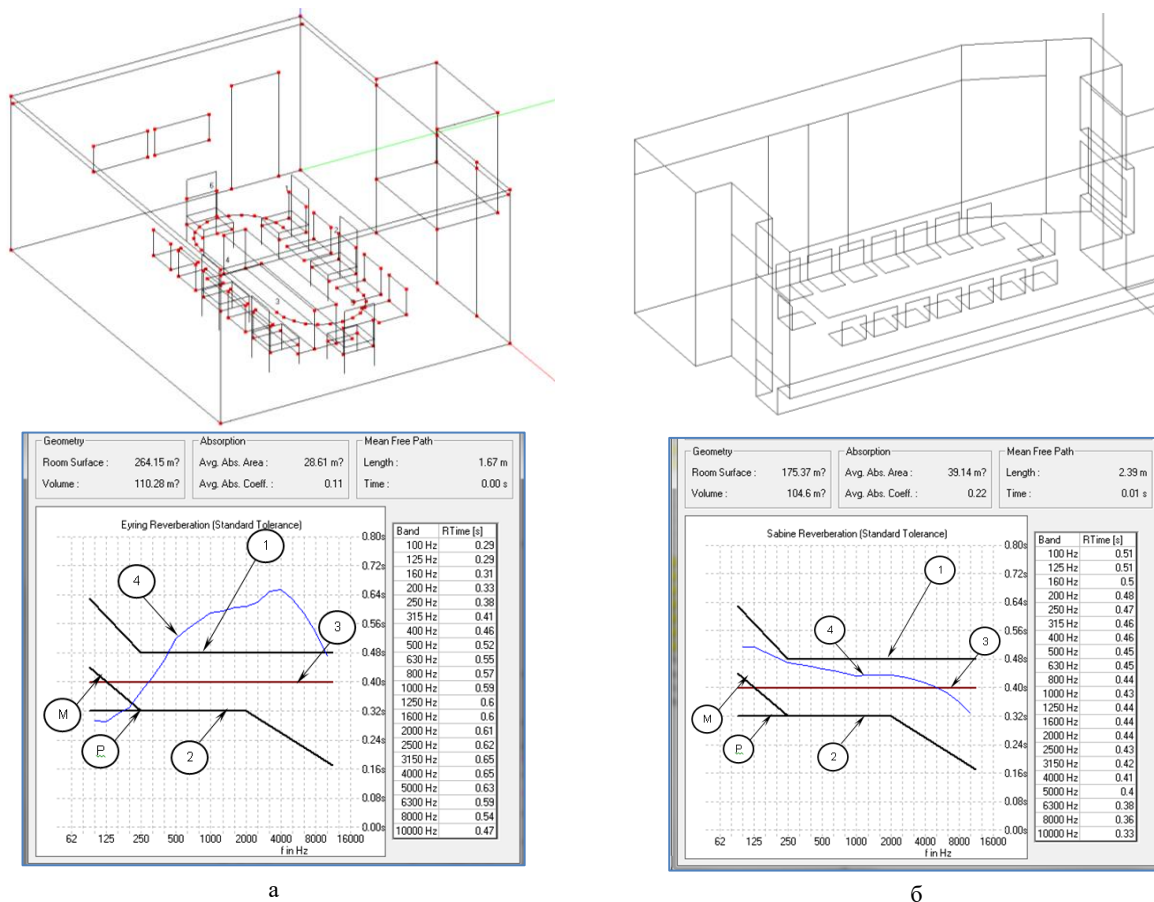
Акустична експертиза приміщень включає чотири етапи: етап перевірки існуючих архітектурно-будівельних рішень внутрішніх поверхонь приміщення; етап розробки рекомендацій з метою корекції акустичних умов та забезпечення оптимальної структури ревербераційного процесу; етап акустичного моделювання приміщення з рекомендованими оздоблювальними матеріалами та з урахуванням заходів щодо корекції акустичних умов; етап, що дозволяє провести вимірювання об'єктивних характеристик звукового поля після виконання всіх будівельних і оздоблювальних робіт, що розроблені [9-13].

**2.1. Перший етап акустичної експертизи.** На першому етапі акустичної експертизи проводиться перевірка архітектурно-будівельних рішень щодо конфігурації огорожувальних поверхонь стін та стелі в приміщеннях з використанням геометричної теорії поширення звуку в приміщенні. Основною метою перевірки є виявлення фокусуємих звукової промені поверхонь, що може призвести до істотного зниження дифузності звукового поля, а також перевірка на наявність паралельних поверхонь, що призведе до формування стійких інтерференційних картин для ряду частот  $i$ , як наслідок, появи луни, гулкості, зайвої просторовості [5, 6]. Для

приміщень (переговорних, конференц-залів, залів засідань, прес-центрів), що розглядаються, ця частина першого етапу акустичної експертизи проводиться не так, як при експертизі глядацьких залів. Для проведення цієї частини експертизи в залі для глядачів використовуються програмні модулі, що дозволяють побудувати променеві картини на планах і розрізах приміщення залу, що дає можливість перевірити геометрію стінових конструкцій на всіх поверхнях, геометрію стелі, огорож балконів і т.д. Подібна перевірка для приміщень малих обсягів не є достатньо інформативною, оскільки форма таких приміщень зазвичай має прямокутний вигляд і всі поверхні є паралельними одна одній. У таких умовах буде присутнє багаторазове перевідбиття звукових хвиль від паралельних поверхонь та утворення стоячих хвиль, що призведе до появи луни та збільшення часу

реверберації через слабку тенденцію до зниження амплітуд відображень. За рахунок малих розмірів приміщення практично немає можливості змінити геометрію поверхонь так, щоб знизити кількість паралельних поверхонь. За наявності скляних поверхонь великою площею виникає проблема розробки ефективних заходів щодо зниження амплітуд відбиття за рахунок малого коефіцієнта звукопоглинання таких поверхонь.

У перший етап акустичної експертизи також входить визначення частотної залежності часу реверберації при обробці огорожувальних поверхонь матеріалами, що запропоновані архітекторами [9-13]. На рис. 1, 2 наведені результати виконання першого етапу акустичної експертизи для приміщень малого обсягу та частотна залежність часу реверберації з вихідними матеріалами обробки поверхонь.



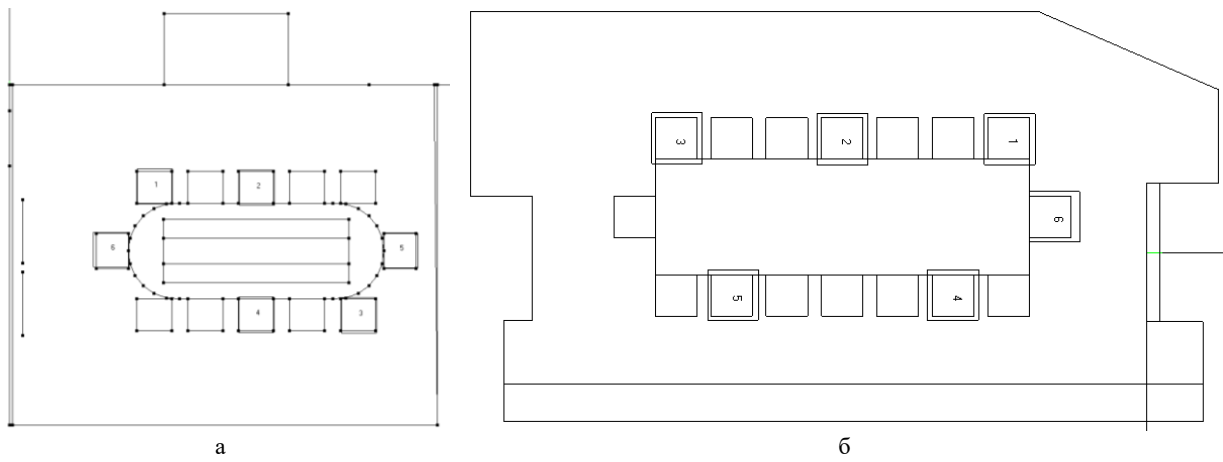
**Рис. 1.** Модель (а – конференц-залу, б – переговорної) в EASE 4.3 та частотна залежність часу реверберації. Допустимі межі рекомендованих значень часу реверберації: повітряний об'єм приміщення: а – 110,28 м<sup>3</sup>; б – 104,6 м<sup>3</sup>. 1 – межа максимальних значень; 2 – межа мінімальних значень; 3 – оптимальна величина RT60 (ідеальна теоретична); 4 – розрахункова величина RT60 у діапазоні частот 100÷10 000 Гц; P – для музики; M – для музики.

Для детальнішого аналізу первинних акустичних властивостей приміщення в рамках першого етапу, а також з метою виявлення "проблемних", з точки зору акустики, поверхонь у приміщенні необхідно провести аналіз структур ревербераційного процесу в контрольних точках (місцях прослуховування).

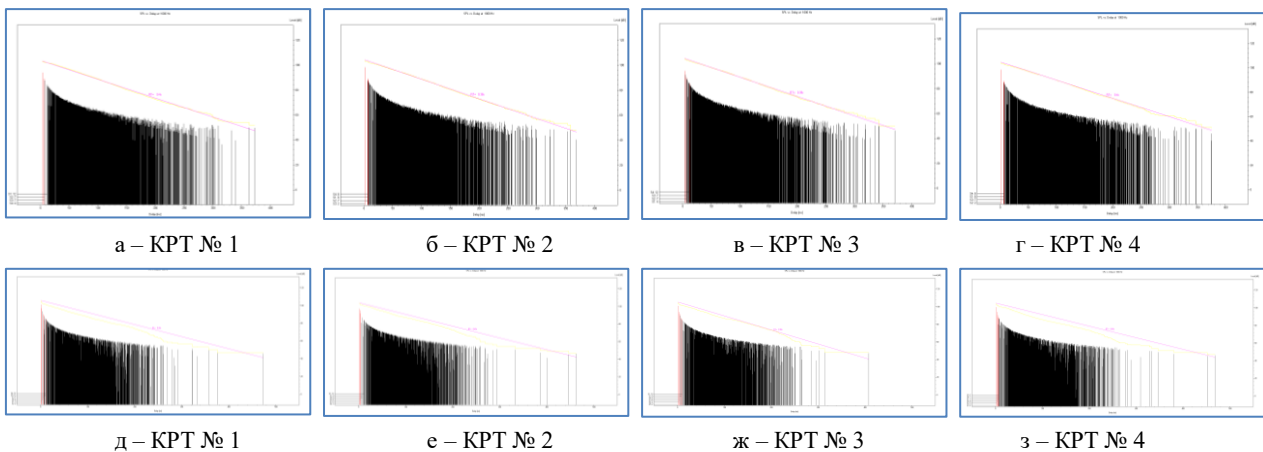
Для отримання структур ревербераційного процесу на місцях переговорів використовувався модуль Ray Tracing EASE 4.3. На рис. 2 наведено розташування контрольних точок, а на рис. 3 наведені струк-

тури ревербераційного процесу у контрольних точках № 1-4 приміщення конференц-залу (а – г) і переговорної (д – з).

Аналіз отриманих структур ревербераційних процесів у контрольних точках дозволяє провести оцінку всього ревербераційного процесу в приміщенні, оцінити тенденцію спаду звукової енергії на місцях прослуховування (контрольних точках), виявити "проблемні" з точки зору акустики приміщення поверхні та на наступному етапі акустичної експертизи враховувати висновки першого етапу.



**Рис. 2.** Розташування контрольних розрахункових точок (КРТ) у приміщенні: а –конференц-залу; б – переговорної



**Рис. 3.** Структури ревербераційного процесу в контрольних точках конференц-залу (а – г) и переговорної (д – з)

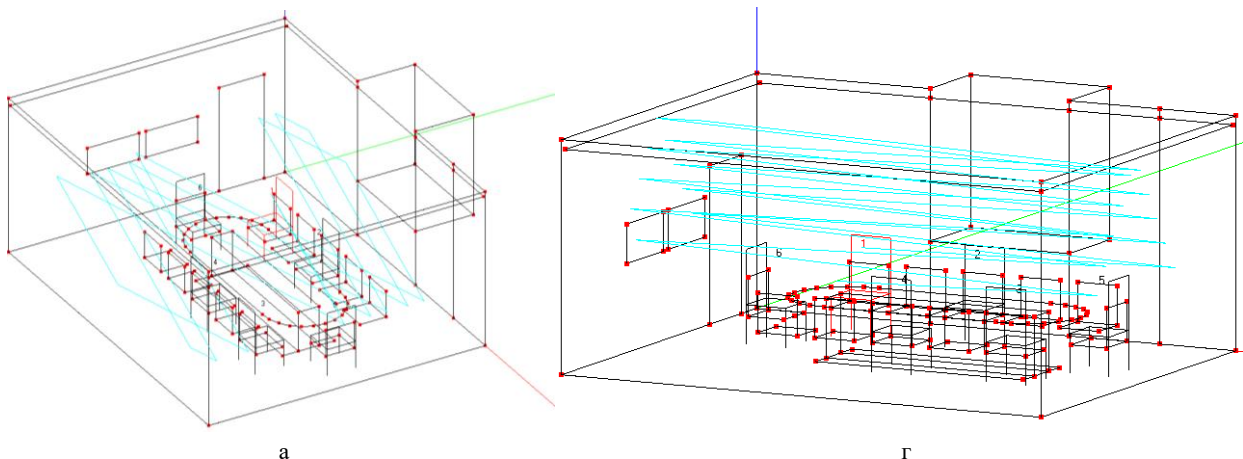
Отримані структури ревербераційних процесів у приміщеннях, що розглядаються, має загальну тенденцію, властиву саме приміщенням малих обсягів, а саме:

- спад звукової енергії відбувається досить рівномірно лише на початковій ділянці ревербераційного процесу;
- для завершальної ділянки практично не властиве зниження амплітуд відбитків, що призводить до збільшення часу реверберації, і як наслідок зниження розбірливості мовного контенту;
- наявність великої кількості відбиття в ревербераційному хвості без зниження амплітуди відбиття

свідчить про наявність багаторазових перевідбиттів від пар паралельних поверхонь (рис. 4) з малим коефіцієнтом звукопоглинання, що суб'єктивно сприймається як луна;

- для деяких контрольних точок властиво прихід першого відбиття після прямого звуку практично без будь-якого запізнення (менше 10-15 мс), що призводить до суттєвих тембральних спотворень мовного матеріалу.

Аналогічні структури ревербераційних процесів виходять для малих приміщеннях складної форми, але з наявністю скляних поверхонь, що характеризуються малими коефіцієнтами поглинання.



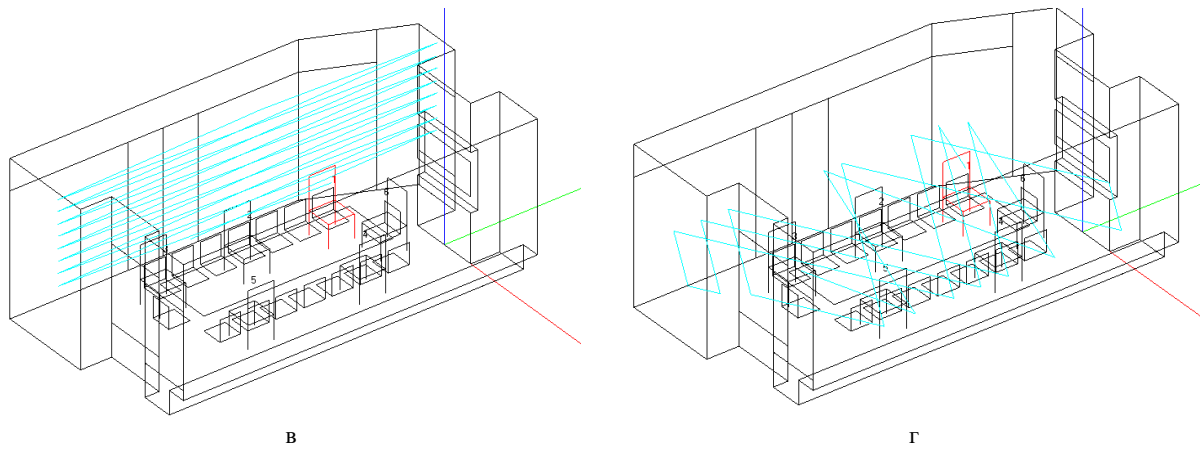


Рис. 4. Приклад багаторазових перевідбиттів, що приходять від пар паралельних поверхонь у приміщенні: конференц-залу (а, б) та переговорної (в, г)

На рис. 5 представлено приміщення переговорної складної форми з прикладом багаторазових перевідбиттів за рахунок скляних стін, і структури ревербераційних процесів в декількох контрольних точках (рис. 6).

Аналіз отриманих на першому етапі результатів дослідження акустичних властивостей залів дозволяють перейти до другого етапу акустичної експертизи за умови невідповідності вимогам до дифузності поля

у приміщенні, або невідповідності частотної залежності часу реверберації її оптимальним значенням [9-12]. Таким чином, основною відмінністю першого етапу акустичної експертизи в приміщеннях малих обсягів з використанням переважно мовного контенту, є аналіз структур ревербераційного процесу в місцях прослуховування з метою виявлення недоліків у формуванні дифузного поля.

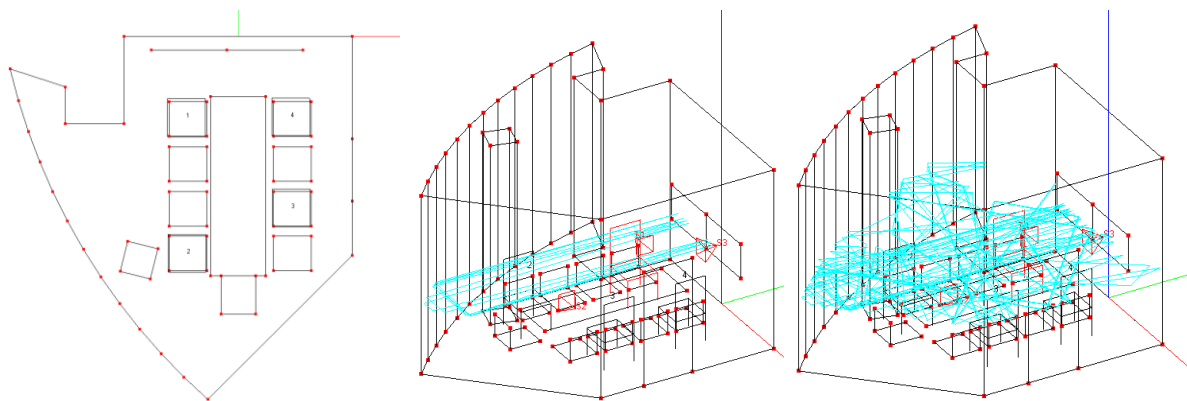
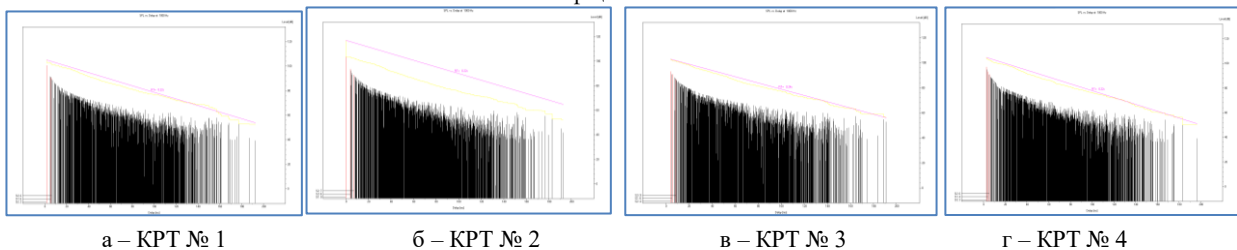


Рис. 5. План приміщення переговорної з прикладами багаторазових перевідбиттів від поверхонь з малим коефіцієнтом поглинання



а – КРТ № 1

б – КРТ № 2

в – КРТ № 3

г – КРТ № 4

Рис. 6. Структури ревербераційного процесу в контрольних точках №1-4 переговорної складної форми

**2.2. Другий етап акустичної експертизи.** На цьому етапі проводиться розробка заходів, які спрямовані на корекцію недоліків акустики приміщення, що були виявлені на першому етапі. Розробляються рекомендації з геометрії огорожувальних поверхонь для підвищення дифузності звукового поля; рекомендації щодо вибору звуковідбивних та звукопоглинаючих матеріалів, для обробки поверхонь у приміщенні, з метою оптимізації частотної залежності часу реверберації та структур ревербераційного процесу.

Так як приміщення мають невеликий об'єм, то зміна геометрії огорожувальних поверхонь не завжди можна провести через ряд причин:

- поверхні виконані зі скла та змінити форму неможливо;
- так як об'єм приміщення малий, то й розміри огорожувальних поверхонь значно менші за довжину хвилі, особливо в низькочастотному діапазоні, що призведе до того, що змінюючи геометрію поверхні, ми зможемо вносити корекцію тільки в обмежений діапазон

зон частот, де довжина хвилі буде співмірна з розмірами поверхні. Однак таке обмеження не є критичним через те, що в досліджуваних приміщеннях основним звуковим матеріалом є мовленнєвий контент, а відповідно розміри поверхонь вже будуть співмірними з частотами, що належать мовному діапазону.

Для оптимізації частотної залежності часу реверберації використовуються оздоблювальні матеріали, які працюють у мовному діапазоні частот. За наявності скляних поверхонь стін практично відсутня можливість

зміни акустичних властивостей за рахунок заміни матеріалу на них, і тоді одним із варіантів підвищення звукопоглинання скляних поверхонь є використання штор. Штори виготовляються із спеціальних "акустичних" тканин, що мають різне звукопоглинання, або з тканин, що застосовуються для виготовлення одягу сцени. На рис. 7 наведені варіанти корекції звукопоглинання скляних поверхонь у приміщеннях переговорних за рахунок використання штор різної щільності та різними коефіцієнтами звукопоглинання.

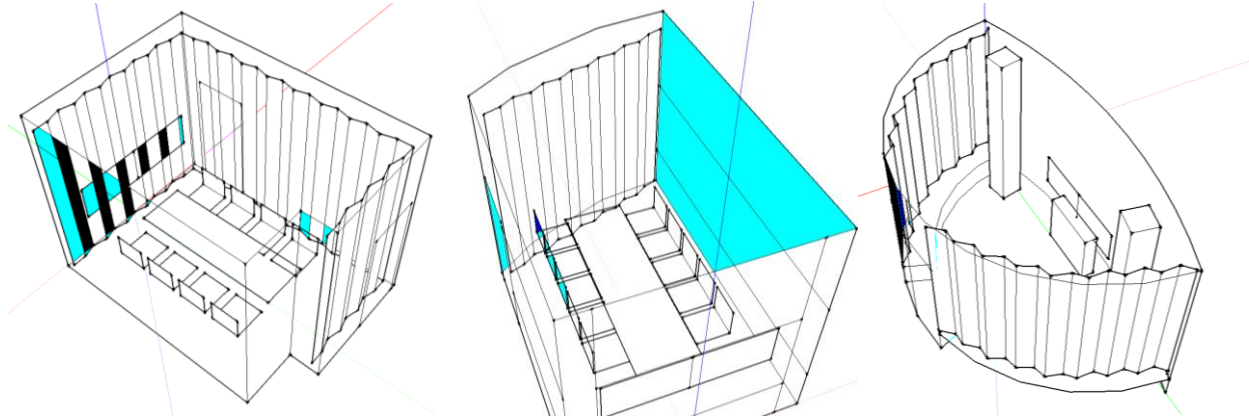


Рис. 7. Приклади корекції звукопоглинаючих властивостей скляних поверхонь стін за рахунок використання штор

На рис. 8-11 наведені приклади корекції геометрії стінових панелей у приміщеннях малих об'ємів. Основною причиною використання різних варіантів геометрії стінових панелей є спроба усунути паралельність поверхонь, що призведе до зниження ймовірності встановлення стоячих хвиль, усунення надмірно високих по амплітуді відбитків на структурі ревербераційного процесу (рис. 12), що вплине на значення часу реверберації, підвищить розбірливість та ясність мовного контенту. Залежно від розмірів приміщення

іноді можна змінити геометрію поверхні по всіх висоті поверхні, а іноді доводиться обмежуватися невеликим проміжком, що знаходиться на рівні розміщення слухачів.

Ще одним з варіантів, що застосовуються для корекції акустичних властивостей приміщень, які розглядаються, є використання додаткових підвісних стельових конструкцій типу "звукопоглинаючі стельові острови без рами" та вертикальні звукопоглинаючі панелі "Бафли" (рис. 13).

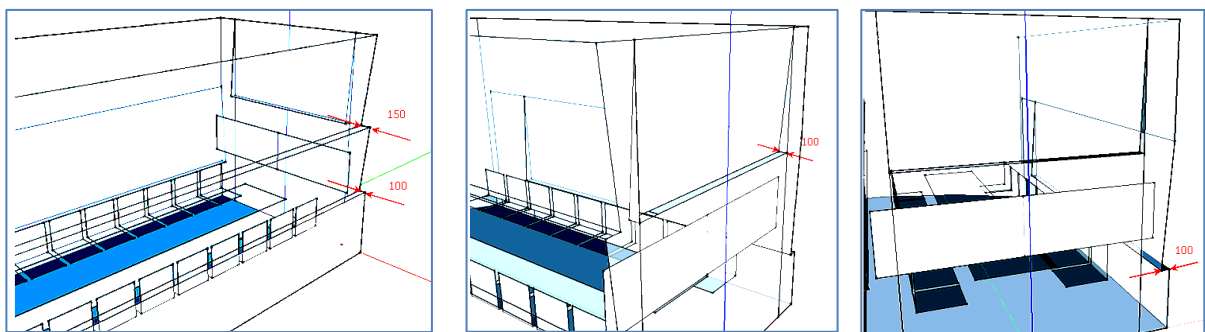


Рис. 8. Варіант корекції геометрії стінових панелей у приміщенні переговорної

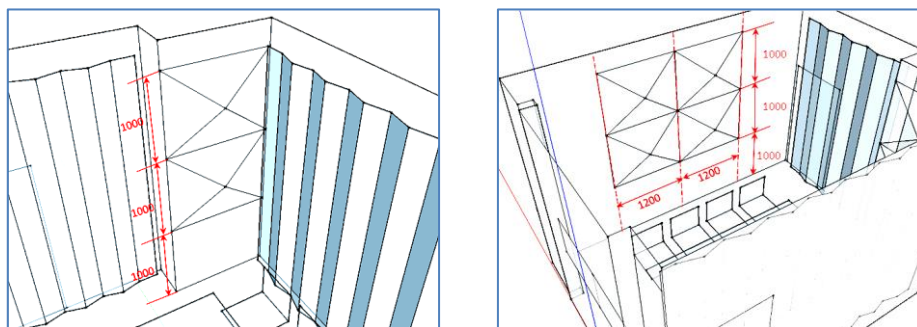
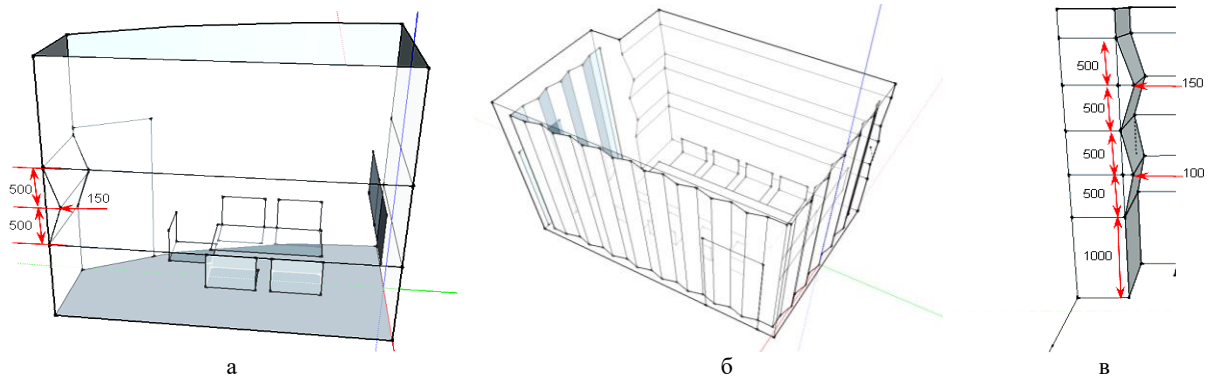
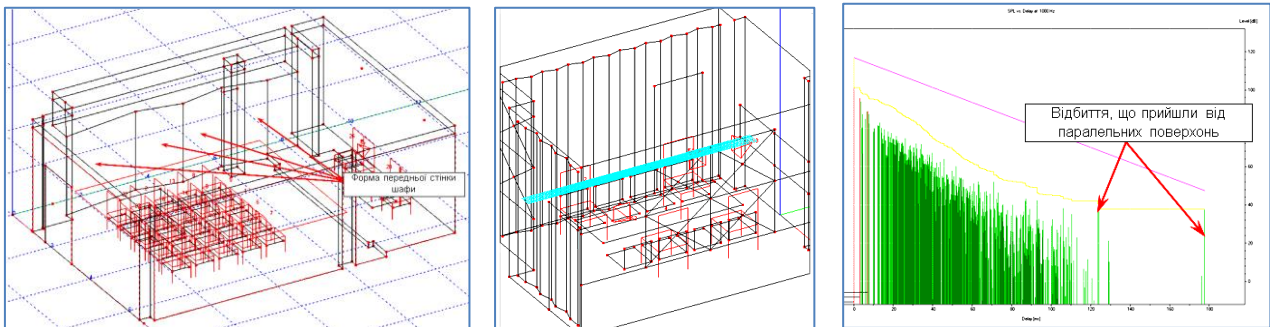


Рис. 9. Варіант корекції геометрії стінових панелей у приміщенні переговорної

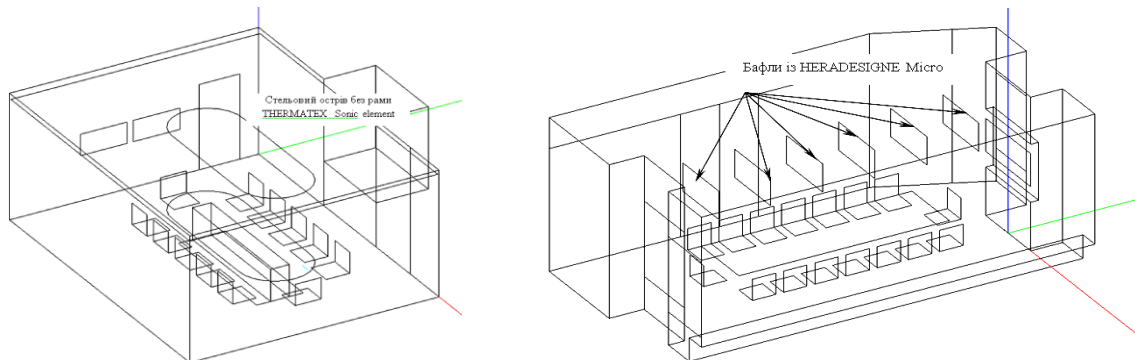


**Рис. 10.** Варіант корекції геометрії стінових панелей у приміщеннях переговорних: а – варіант зміни геометрії ділянки стіни; б – варіант зміни геометрії стін по всій висоті та довжині; в – конструкція профілю стінових панелей



**Рис. 11.** Варіант корекції геометрії передньої стінки шафи у приміщенні прес-центру

**Рис. 12.** Приклад відбиття високої амплітуди на структурі ревербераційного процесу за рахунок багаторазових перевідбиттів між паралельними поверхнями з малими коефіцієнтами звукопоглинання



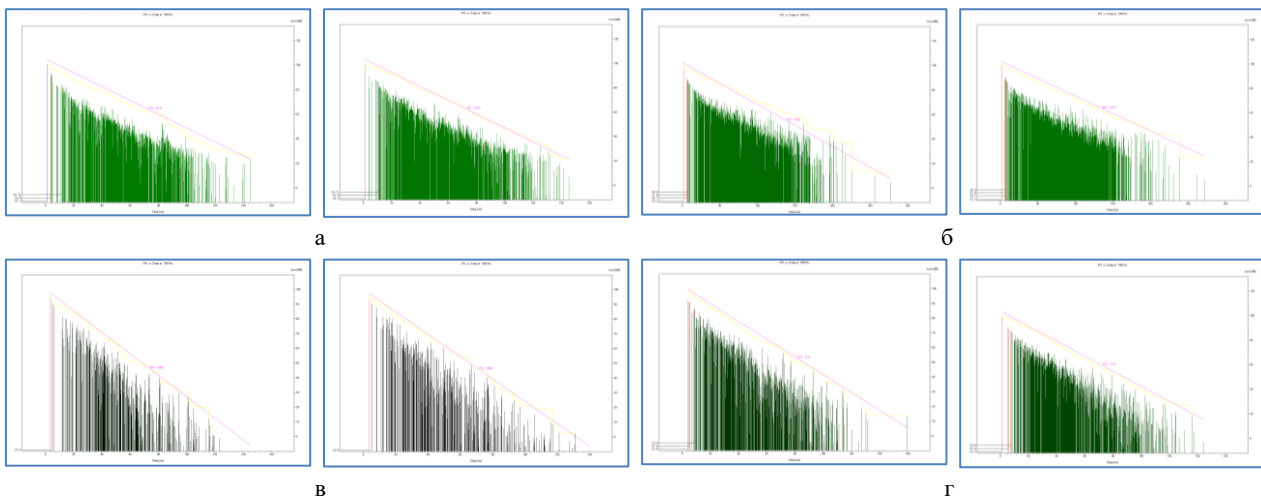
**Рис. 13.** Приклади акустичної корекції з використанням додаткових стельових конструкцій

При виборі матеріалів оздоблення поверхонь у приміщеннях малих об'ємів додатковою можливістю для корекції акустичних властивостей є використання спеціальних покриттів для підлоги. Для обробки підлоги в приміщеннях переговорних, конференц-залів та прес-центрів використовуються спеціальні килимові покриття, що мають значне звукопоглинання та високі експлуатаційні характеристики. Отримані в результаті виконання другого етапу акустичної експертизи рекомендації по формі поверхонь, що огорожують, а також заходів щодо корекції звукопоглинаючих властивостей огорожувальних поверхонь є підставою для проведення моделювання акустики приміщення на третьому етапі акустичної експертизи.

**2.3. Третій етап акустичної експертизи** дає можливість: провести перевірку запропонованих на першому та другому етапах акустичної експертизи проектних рішень щодо геометрії стінових та стельових панелей; проаналізувати частотну залежність

часу реверберації з використанням матеріалів оздоблення приміщень, запропонованих на другому етапі; провести аналіз структур ревербераційних процесів у контрольних точках.

Оцінку ефективності розроблених рекомендацій щодо корекції акустичних властивостей приміщення можна провести як по частотній залежності часу реверберації, так по отриманих структурах ревербераційних процесів в контрольних точках. На рис. 14 наведені структури ревербераційних процесів після застосування всіх рекомендацій щодо зміни геометрії поверхонь та використання спеціальних матеріалів обробки огорожувальних поверхонь. Аналіз отриманих структур ревербераційних процесів дозволяє зазначити, що загальна тенденція спаду щільності енергій відбиття має рівномірний вигляд без надлишку та нестачі відбиттів на всьому проміжку ревербераційного процесу; відбиття мають тенденцію до рівномірного спаду амплітуди відбитих сигналів.



**Рис. 14.** Структури реверберационного процесу в контрольних точках №1-2 (рис. 13): а – переговорної наявності штор на скляних поверхнях; б – конференц-залу після застосування стельових островів без рами; в – переговорної після зміни профілю стінових конструкцій (рис. 10, б); г – переговорної після використання "Бафлів"

Також перші ранні відображення приходять із достатнім запізненням, що не призведе до тембрального спотворення мовного контенту; у реверберационному "хвості" не спостерігаються відбиття з досить великою амплітудою, а отже відсутня луна; – реверберационний процес не містить будь-яких додаткових тенденцій для ряду відбиттів, що надходять від паралельних поверхонь. Обсяг та алгоритм проведення третього етапу акустичної експертизи для приміщень малих обсягів не зазнає істотних змін порівняно з аналогічними етапами, що проводяться для приміщень залів для глядачів.

**2.4. Четвертий етап акустичної експертизи.** Результатами завершального етапу акустичної експертизи є характеристики звукового поля, що виміряні в контрольних точках приміщення після завершення всіх будівельних та оздоблювальних робіт. Для проведення вимірювань авторами використовують апаратно-програмний комплекс на базі Easera 1.1.3 [13]. Отримані значення ясності ( $C_7$ ,  $C_{50}$ ,  $C_{80}$ ), просторовості, розбірливості (Alcons, STI, RaSTI), часу реверберації ( $T_{10}$ ,  $T_{20}$ ,  $T_{30}$ ) дають можливість аналізу та пере-

вірки прийнятих рішень всіх трьох етапах проведення акустичної експертизи. Для приміщення малих обсягів з використанням переважно мовного контенту четвертий етап не має додаткових обмежень або специфічних особливостей у проведенні [12].

## Висновки

Авторами у статті розглянуто особливості формування оптимальних акустичних умов у приміщеннях, що характеризуються малим обсягом та використанням здебільш мовного контенту. Розглянуто всі чотири етапи акустичної експертизи на прикладах переговорних приміщень, конференц-залів, прес-центрів. Етапи проведення акустичної експертизи в цих дослідженнях не змінили своєї послідовності, проте зазнали змін в обсягах деяких етапів, за рахунок існуючих особливостей приміщень, а також зазнали змін інформативні критерії, за якими проводився аналіз дифузності звукового поля.

Авторами ведуться дослідження методів формування оптимальних акустичних умов у студійних приміщеннях в межах акустичної експертизи.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ (REFERENCES)

1. Russo D., Ruggiero A. Choice of the optimal acoustic design of a school classroom and experimental verification. *Applied Acoustics*. 2019. Vol. 146. P. 280-287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.11.019>.
2. Barteld N. J. Postma S. J., Brian F. G. Katz. Pre-Sabine room acoustic design guidelines based on human voice directivity. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2018. №143. P.2428-2437.
3. Young-JiChoi. Predicting classroom acoustical parameters for occupied conditions from unoccupied data. *Applied Acoustics*. 2017. Vol. 127. P. 89-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.05.036>
4. Michael H. Denison, Brian E. Anderson. Time reversal acoustics applied to rooms of various reverberation times. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2018. Vol.144(6). 3055. DOI: [10.1121/1.5080560](https://doi.org/10.1121/1.5080560)
5. Щиржецкий Х. А., Борисов Л. А. Акустика зальных помещений. *Сцена*. 2002. №2. С. 21.
6. Анерт В., Стефен Ф. Техника звукоусиления. Теория и практика / пер. с англ. М: ООО «ПКФ Леруша». 2003. 416 с.
7. Алдошина И.А., Вологдин Э.И., Ефимов А.П., Катунин Г.П. Электроакустика и звуковое вещание : Учеб. пособие для вузов. Горячая линия, Телеком. 2007. 872 с.
8. Ronald Freiheit, Matthew T. Neal. Architectural acoustics: From concert halls to classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2018. Vol. 143, 1735. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.5035660>.
9. Усик В. В., Мягкий И. Г. Особенности проведения акустического моделирования, как завершающего этапа акустической экспертизы помещений зрительных залов на примере драматического театра на 500 мест. *Сборник "Радиотехника"*. №191/2017. Харьков. 2017. С. 203-211.
10. Порошин С. М., Усик В. В. Методика проведения акустической экспертизы и архитектурно-строительных решений для зрительных залов на примере драматического театра на 500 мест. *Сборник научных трудов VI Межд. РЭФ "Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития" (МРФ – 2017)*. Харьков, 2017. С. 125-130.

11. Порошин С. М., Усик В. В. Методология оценки акустических свойств помещений зрительских залов. *World Science*. 2018. Vol.1. № 1(29), С.8-15.
12. Усик В. В., Беликов И. С. Особенности применения методологии оценки акустических свойств помещения на примере пресс-центра. *Науково-технічний журнал "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті"*. 2019. № 1. с. 25-37 DOI: <https://doi.org/10.18664/ikszt.voi1.158805>.
13. Poroshin S., Usik V., Butova O. Features of the application of the methodology for assessing the acoustic properties of the sound field for spectator rooms. *XXIX International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance 2019 (MMA 2019)* Sozopol, 2019. PP. 145-149. DOI: <https://doi.org/10.1109/MMA.2019.8936027>.

Received (Надійшла) 17.09.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 10.11.2021

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

**Порошин Сергій Михайлович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;  
**Sergei Poroshin** – Doctor of Sciences, Professor, Head of the department of multimedia information technologies and systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;  
e-mail: [poroshin0020@gmail.com](mailto:poroshin0020@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2583-9916>

**Усик Вікторія Валеріївна** – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;  
**Victoriya Usik** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, professor Department of multimedia information technologies and systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;  
e-mail: [usik.viktorya@gmail.com](mailto:usik.viktorya@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3515-4849>.

**Беликов Ігор Сергійович** – старший викладач кафедри мультимедійних інформаційних технологій і систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;  
**Ihor Bielikov** – senior teacher Department of multimedia information technologies and systems, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine;  
e-mail: [igorajon@gmail.com](mailto:igorajon@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1339-8401>.

#### Методы формирования оптимальных акустических условий для передачи речевого контента в помещениях малых объемов

С. М. Порошин, В. В. Усик, И. С. Беликов

**Аннотация.** Предметом исследования в статье является методология проведения экспертизы помещений малых объемов с преобладанием речевого контента. Целью работы является анализ всех этапов проведения акустической экспертизы для помещений переговорных, конференц-залов, пресс-центров, определение объемов и последовательности проведения этапов, с учетом специфических ограничений и условий, возникающих в помещениях малых объемов. В работе рассмотрены все этапы акустической экспертизы на примерах реальных помещений переговорных, конференц-залов, пресс-центров. Последовательность этапов экспертизы, при ее проведении для помещений малых объемов не претерпела изменений, по сравнению с последовательностью, которая используется для зрительских залов. Основной отличительной особенностью при проведении первого этапа акустической экспертизы в помещениях малых объемов с преобладанием речевого контента является анализ структур реверберационного процесса в местах прослушивания с целью выявления недостатков формирования диффузного поля, вместо работ по проверке геометрии ограждающих поверхностей стеновых и потолочных панелей, проводимой с использованием геометрической теории. Особенностью второго этапа является разработка рекомендаций для повышения звукопоглощающих свойств ограждающих поверхностей и устранению эффекта многократных переотражений звуковой энергии между параллельными поверхностями за счет использования частичной замены геометрии поверхностей, работы с подвесными потолочными конструкциями и использовании звукопоглощающих штор (для коррекции свойств стеклянных поверхностей). Третий и четвертые этапы экспертизы остались неизменными.

**Ключевые слова:** акустическая экспертиза; этапы акустической экспертизы; структура реверберационного процесса; оптимальные акустические условия.

#### The methods for the formation of optimal acoustic conditions for the transmission of speech content in small rooms

Sergei Poroshin, Victoriya Usik, Ihor Bielikov

**Annotation.** The subject of research in the article is the methodology for the examination of small-volume premises with a predominance of speech content. The aim of the work is to analyze all stages of acoustic expertise for meeting rooms, conference rooms, press centers, to determine the volume and sequence of the stages, taking into account the specific restrictions and conditions that arise in small rooms. All stages of acoustic expertise are considered in the work on examples of real premises of meeting rooms, conference halls, press centers. The sequence of stages of the examination, when it was carried out for premises of small volumes, did not undergo any changes, compared to the sequence that is used for spectator halls. The main distinctive feature of the first stage of acoustic examination in small rooms with a predominance of speech content is the analysis of the structures of the reverberation process in listening places in order to identify the drawbacks of the formation of a diffuse field, instead of checking the geometry of the wall and ceiling panel walls using geometric theory. A feature of the second stage is the development of recommendations for improving the sound-absorbing properties of enclosing surfaces and eliminating the effect of multiple re-reflections of sound energy between parallel surfaces through the use of partial replacement of surface geometry, work with suspended ceiling structures and the use of sound-absorbing curtains (to correct the properties of glass surfaces). The third and fourth stages of the examination remained unchanged.

**Keywords:** acoustic examination; stages of acoustic examination; the structure of the reverberation process; optimal acoustic conditions.