

- осветить и пожарные проезды и авто- и пешеходные арки;
- для предотвращения случаев нападения и грабежа установить на пешеходных дорожках около и внутри парка Воинов-Интернационалистов пешеходное освещение.

Согласно Закону Республики Беларусь от 04.01.2014 № 122-3 «Об основах деятельности по профилактике правонарушений», Статье 14. Основные профилактические мероприятия по предупреждению правонарушений против жизни и здоровья, общественного порядка и общественной нравственности: местные исполнительные и распорядительные органы принимают меры по организации надлежащей освещенности улиц и дворовых территорий населенных пунктов [2].

Согласно исследованиям выявлено, что недостаточная освещенность внутри жилого микрорайона может сформировать опасную для жизни и здоровья среду, а утилитарное освещение только наполовину выполняют свои функции, следовательно, требует реновации.

Реновация освещения внутри жилого микрорайона Восток–6 будет включать в себя:

- оборудование фонарей средней высоты в пешеходных зонах;
- переоборудование ламп на светодиодные;
- освещение подъездов с обязательными датчиками движения и фотореле;
- замена всей воздушной укладки проводов на подземную;
- использование белого цвета для ламп освещения;
- разработка освещения в арках и проездах;
- улучшение освещения на спортивной площадке.

#### **Список цитированных источников**

1. Виды фонарей уличного освещения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://1msk.su/populyarnye-stati/vidy-fonarej-ulichnogo-osveshheniya.html>. – Дата доступа: 10.02.2021.

2. Об основах деятельности по профилактике правонарушений [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь от 4 января 2014 г. № 122-3. – Режим доступа: [https://pravovo.by/upload/docs/op/H11400122\\_1389733200.pdf](https://pravovo.by/upload/docs/op/H11400122_1389733200.pdf). – Дата доступа: 28.05.2021.

УДК 721.053:534.84

*Шульжик Д. Д., Сахащук А. А.*

*Научный руководитель: старший преподаватель А. И. Лапина*

### **ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ АКТОВОГО ЗАЛА БРГТУ**

Цель исследования – проанализировать акустические условия в актовом зале БрГТУ. Проверить соответствие актового зала нормативным требованиям для многофункциональных залов, выявить проблемы, связанные с низкой реверберацией, предложить мероприятия по улучшению акустических условий. В статье показан анализ актового зала БрГТУ по следующим параметрам: форме и размеру помещения, времени запаздывания первых отражений, времени реверберации, артикуляции. В результате исследования и расчётов было выяснено, что зал не соответствует нормативным требованиям для многофункциона-

нальных залов по звуковым характеристикам. Разработаны мероприятия, которые помогут улучшить акустические характеристики зала.

С развитием цифровой технологии в последнее десятилетие прослеживается использование зала в университетах не только как концертный зал и проведения церемоний награждения, а также для лекций, защиты дипломов, показа учебного кино. Соответственно, для этого требуются особые акустические характеристики и специальное оборудование (цифровой экран, усилители звука, особые акустические характеристики используемых материалов и конструкций). В данный момент актовый зал используется не на пределе своих функциональных возможностей из-за несоответствия качества звука в помещении. Например, для показа учебного кино и использования экрана в зале требуется затемнённое помещение, а также усилители звука. Для такого класса помещений, как кинотеатр и многофункциональный зал предъявляются высокие требования к акустическим свойствам, такие как соответствие пропорциям размеров помещений, подбор специальных материалов, наличие звукопоглощающих или звукоотражающих панелей/поверхностей, расположение сцены и зрителей, удовлетворяющие обоим функциональным направлениям.

Оценка акустических качеств актового зала БрГТУ выполнялась по следующим параметрам: форме и размеру помещения, времени запаздывания первых отражений, времени реверберации, артикуляции.

Основные рекомендации к форме залов [1]:

- расстояние между источником звука и слушателями в последнем ряду должно быть минимальным;
- угол, под которым со сцены видны крайние места в первом ряду, должен быть меньше;
- поверхности стен вблизи сцены должны способствовать отражению звука в зал;
- форма стен не должна вызывать фокусирования звука;
- исключение возможности образования многократного эха, особенно между параллельными стенами.

Проанализировав визуально актовый зал БрГТУ, выявили следующие достоинства данного помещения:

- сложный наклонный потолок;
- ковровое напольное покрытие;
- наличие в зале амфитеатра.

Анализ формы и размеров по обмерам в зале и модели показал, что помещение актового зала БрГТУ не соответствует следующим характеристикам:

- геометрическим – прямоугольная форма. При количестве мест 350 необходима трапециевидная форма зала с уклоном  $5^{\circ}$ – $6^{\circ}$ ;
- удельного объема зала –  $V = 12,0$  м<sup>3</sup>/чел. Фактический объем актового зала превышает в 2 раза рекомендуемый, который должен составлять 4–6 м<sup>3</sup>/чел;
- отношению ширины зала к средней высоте –  $b/h = 3$ . Превышает допустимые расчётные значения 1,2–1,9, что негативно сказывается на акустических свойствах;

• углу наклона амфитеатра  $\text{tg}\alpha^\circ = 9^\circ$ . Оптимальное расчётное значение – не менее  $13,8^\circ$ , следовательно, угол наклона амфитеатра недостаточен, что негативно сказывается на акустических свойствах.

Немаловажным для слухового восприятия является запаздывание отраженных звуковых волн. Вследствие инерционности слуха человек обладает способностью сохранять (интегрировать) слуховые ощущения, объединять их в общее впечатление, если они длятся не более 50 мс (точнее 48 мс). Поэтому к полезному звуку, подкрепляющему исходный, относятся все волны, которые достигают уха в течение 50 мс после исходного звука. Запаздыванию на 50 мс соответствует разница в пути 17 м. Концентрированные звуки, приходящие позднее, воспринимаются как эхо. Отражения от преград, укладывающиеся в указанный промежуток времени, являются полезными, желательными, так как они увеличивают ощущение громкости на значения, доходящие до 5–6 дБ, улучшают качество звучания, придавая звуку "живость", "пластичность", "объемность" [2].

Результат построения лучевого эскиза и расчета времени запаздывания первых отражений:

- от потолка – показал значения, соответствующие нормативным требованиям (см. рисунок 1);
- от задней стены – показал наличие «порхающего» эха на сцене, а также низкую разборчивость речи на рядах L1пр и L5пр (см. рисунок 2);
- от боковой стены – установил причину низкой разборчивости звука на рядах L1пр и L2пр (см. рисунок 3).

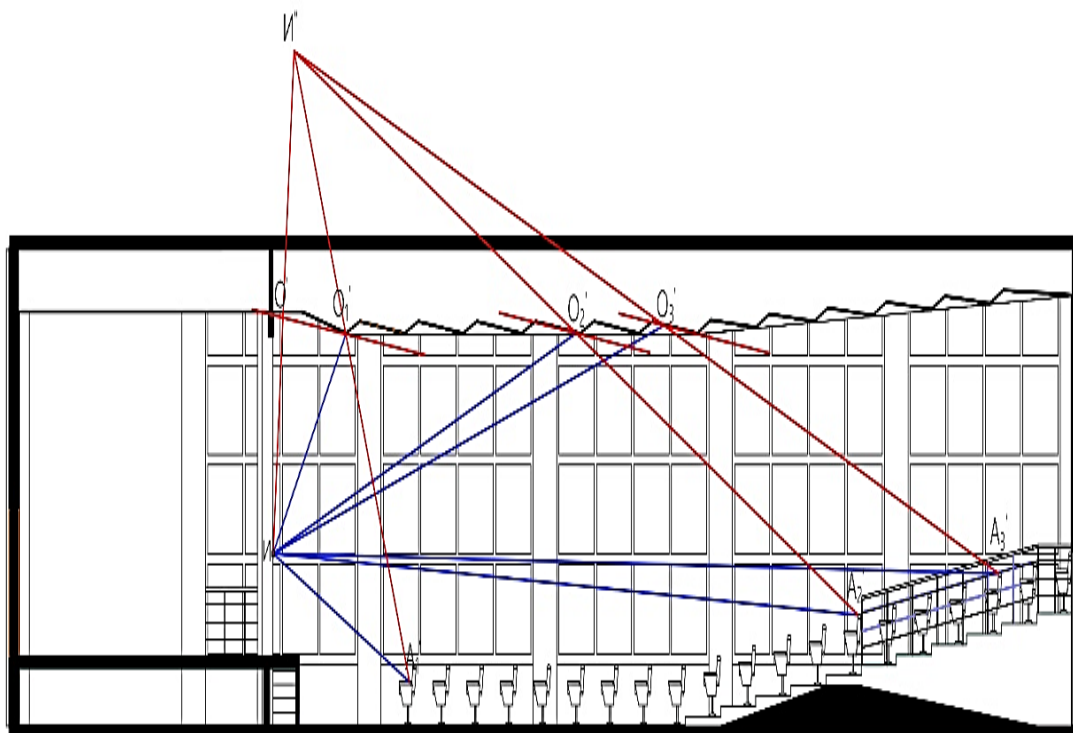
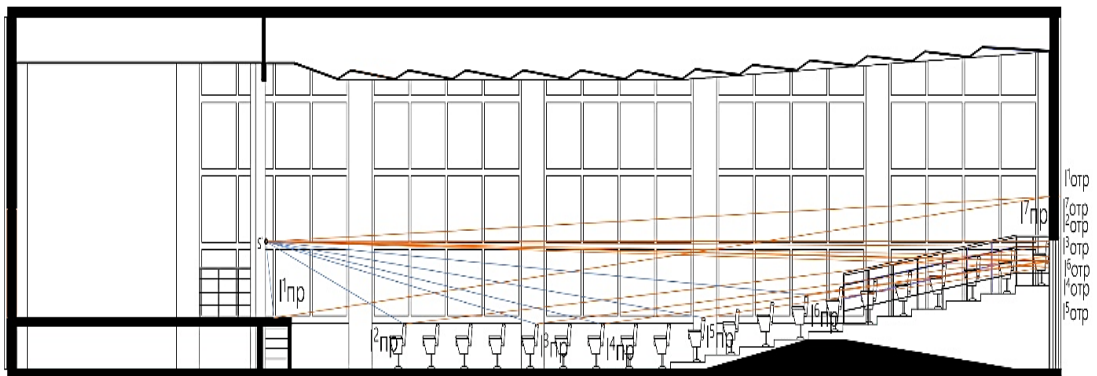
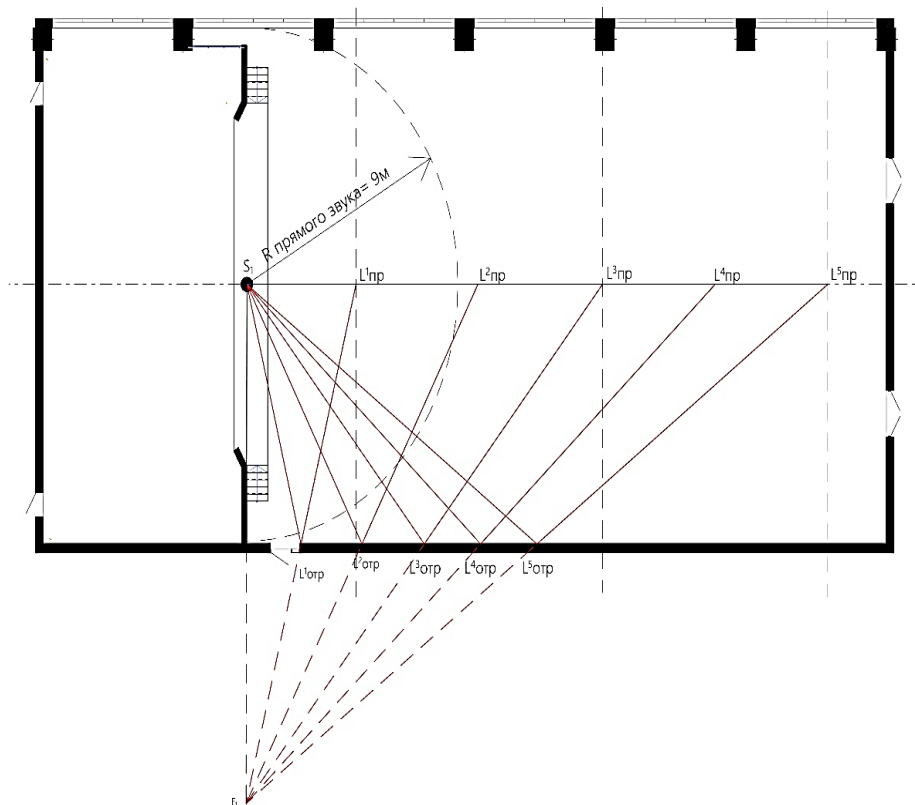


Рисунок 1 – Лучевой эскиз времени запаздывания первых отражений от потолка



*Рисунок 2 – Лучевой эскиз времени запаздывания первых отражений от задней стены*



*Рисунок 3 – Лучевой эскиз времени запаздывания первых отражений от боковой стены*

Фактическое рассчитанное время реверберации соответствует рекомендуемому в диапазоне частот 2000-4000 Гц и превышает рекомендуемое для многофункциональных залов в диапазоне частот 125–1000 Гц.

Проведен артикуляционный эксперимент для оценки фактической разборчивости речи в зале.

Проверка разборчивости речи проходила в три этапа с использованием 102 слогов по ГОСТ 16600-72 [3].

Статистическая обработка полученных результатов позволила оценить разборчивость речи в различных местах помещения:

- на сцене – диктором было зафиксировано наличие эха;
- на рядах 1–5 – % ср = 57,8 % – IV класс разборчивости речи;
- на рядах 6–14 – % ср = 56,6 % – IV класс разборчивости речи;

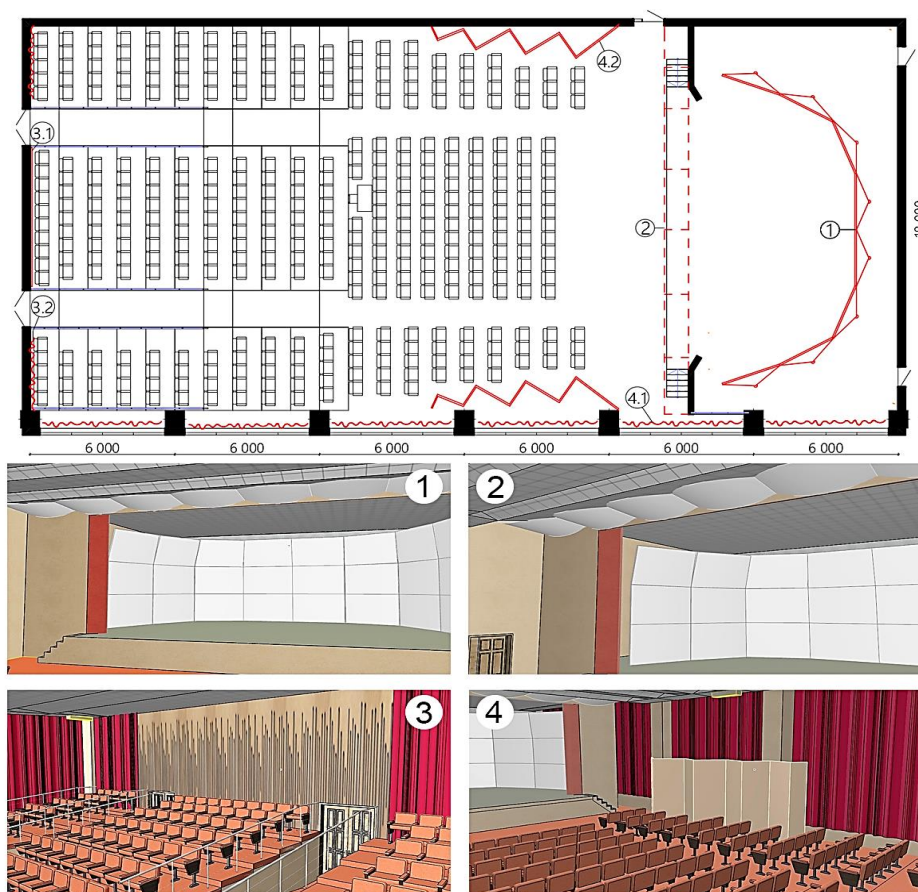
- на рядах 15–20 –  $\% \text{ ср} = 40,0 \%$  – IV класс разборчивости речи.

В актовом зале общая артикуляция составляет 51,4 %, что соответствует IV классу разборчивости речи. Зал с плохими условиями реверберации.

Проведенные исследования и расчёты показали, что зал не соответствует нормативным требованиям для многофункциональных залов по звуковым характеристикам. Исходя из нормативных требований по форме в зале требуется установить дефлекторы и диффузоры звука. На основе результатов расчетов на время запаздывания первых отражений необходима установка усилителей и поглотителей звука.

Разработаны предложения (см. рисунок 4), которые помогут улучшить акустические характеристики зала:

- установить акустическую раковину на сцену для отражения звука для повышения звучания на задних рядах;
- установить отражатели звука сверху над сценой для повышения качества слышимости и разборчивости речи на задних местах;
- установить звукопоглотители (деревянные панели с акустическим наполнителем, портьеры) на задней стене актового зала для препятствования распространению звука;
- установить звукопоглотители (портьеры) на окна для препятствования отражения звука и диффузоры для рассеивания звука в передней части зала.



1 – акустическая раковина, 2 – отражатели звука сверху над сценой,  
3 – звукопоглотители (деревянные панели), 4 – звукопоглотители (портьеры) и диффузоры  
Рисунок 4 – Предложения по улучшению качества акустики актового зала БрГТУ

### **Список цитированных источников**

1. Общие пропорции и длина зала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/3-1649.html>. – Дата доступа: 30.05.2021.
2. Архитектурная акустика. Общие сведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://audioakustika.ru/akustzakrom>. – Дата доступа: 30.05.2021.
3. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений [Электронный ресурс]: ГОСТ 16600-72– Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200016537>. – Дата доступа: 31.05.2021.