

## АНАЛИЗ АКУСТИКИ КОНЦЕРТНОГО ЗАЛА РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ГИМНАЗИИ-КОЛЛЕДЖА ПРИ БГАМ

Блинова И.О., Осмоловская К.Ю.  
*Научный руководитель – Ковальчук О.И.*  
Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

Здание Республиканской музыкальной гимназии-колледжа при Белорусской государственной академии музыки построено в 1699 году (по другим данным в 1769-70-е годы) как иезуитская школа в составе комплекса Минского иезуитского коллегиума (Рис. 1). В течение жизни здание было несколько раз реконструировано и перестроено (Рис. 2). Последняя реконструкция с реставрацией началась летом 2019 года. Она предполагала восстановление главного фасада в виде, близком к историческому, с сохранением советской надстройки. 2 августа 2020 года здание открылось после реставрации.



Рисунок 1. Чертеж комплекса иезуитского коллегиума в конце XVIII в. Дом губернатора слева.



Рисунок 2. Комплекс иезуитского коллегиума. 1914 год.

Сейчас это четырехэтажное здание, главный фасад решен плоскостно, лишен декора, членен прямоугольными оконными проемами, на верхнем этаже значительно большими по величине. Вход оформлен строгим порталом (Рис. 3).

Музыкальный зал представлен в плане в виде узкого, вытянутого прямоугольника, пол имеет уклон. Длина зала составляет 30.5 м, ширина - 11.8 м, высота - 8.3 м. Обычно музыкальные залы симметричны относительно продольной оси, но этот зал относительно данной оси асимметричен. С одной стороны располагаются большие оконные проемы, закрытые шторами (Рис. 4), с другой стороны центральной оси - глухая стена (Рис. 5). В данном зале отсутствует звукоусиление, используется только естественная акустика.



Рисунок 3. Фасад музыкального колледжа после реконструкции 2019 года



Рисунок 4. Оконные проемы, завешанные шторами

Согласно СН 2.04.01-2020, был проведен анализ пропорций зала, так как это имеет существенное значение для естественной акустики.

Для зрительного зала с таким назначением, отношение длины зала к его средней ширине следует принимать более 1, но не более 2. В нашем случае соотношении составило более 2-х. В СН 2.04.01-2020 указано, что в концертных залах камерной музыки от источника звука до последнего слушателя должно быть 20-22 м, а в исследуемом зале – 24,3 м. В связи с этим ухудшается слышимость на последних местах.

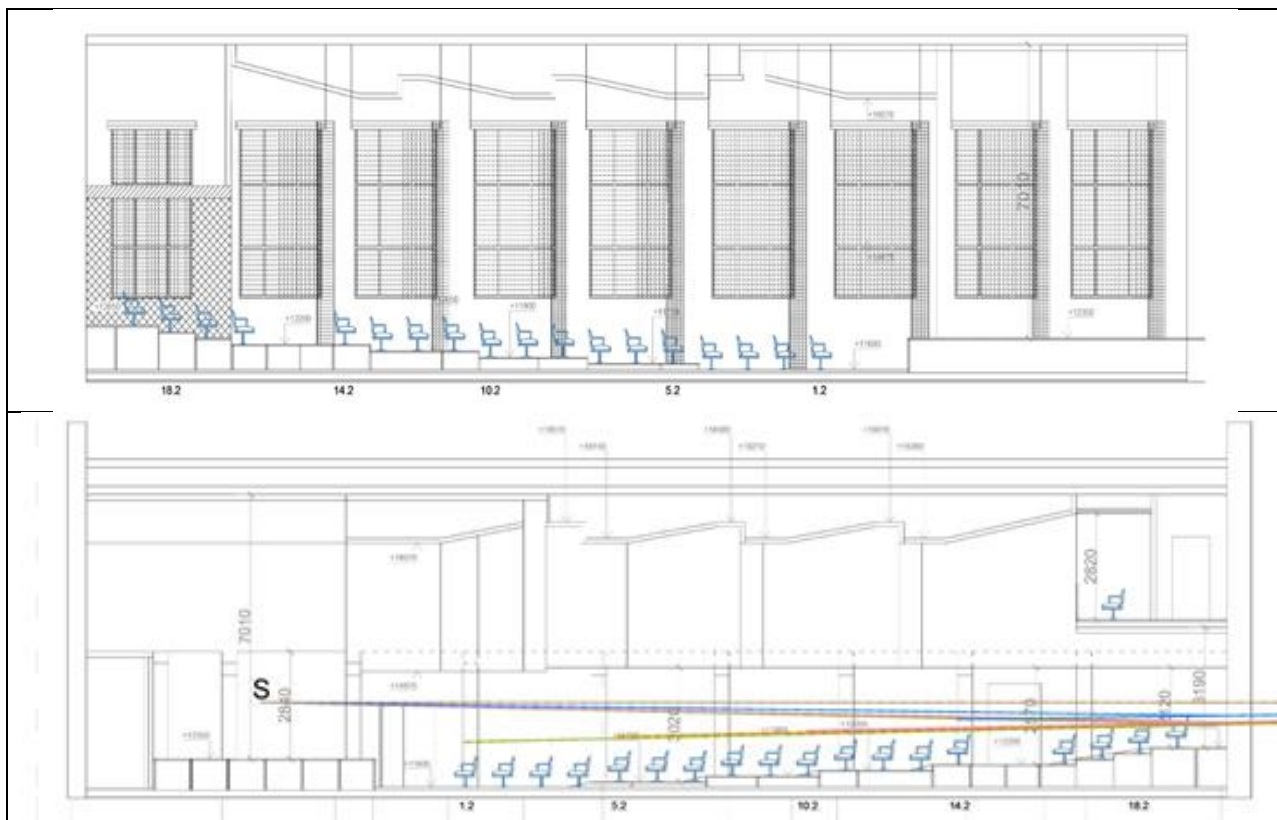


Рисунок 5. Продольный разрез зала и вид продольных стен.

Для улучшения условий слышимости мы предлагаем сделать зал более коротким, убрав нишу под балконом.

В зрительных залах могут возникать некоторые дефекты: эхо и фокус.

Фокус – это концентрация в одной точке первично отраженной звуковой энергии. Фокус может быть образован только при наличии вогнутых поверхностей и поскольку в данном зале их нет, то и фокуса не будет.

Эхо – это явление, при котором первично отраженный звук приходит к слушателю намного позже прямого. В этом случае человек слышит два звука, а не один продолжительный. Для того, чтобы выяснить, есть ли эхо в зале, необходимо провести некоторые расчеты.

Нами были выбраны 15 расчетных точек. Для каждой точки мы провели построения первично отраженных лучей и расчет времени запаздывания первично отраженного звука по сравнению с прямым (Рис. 6).

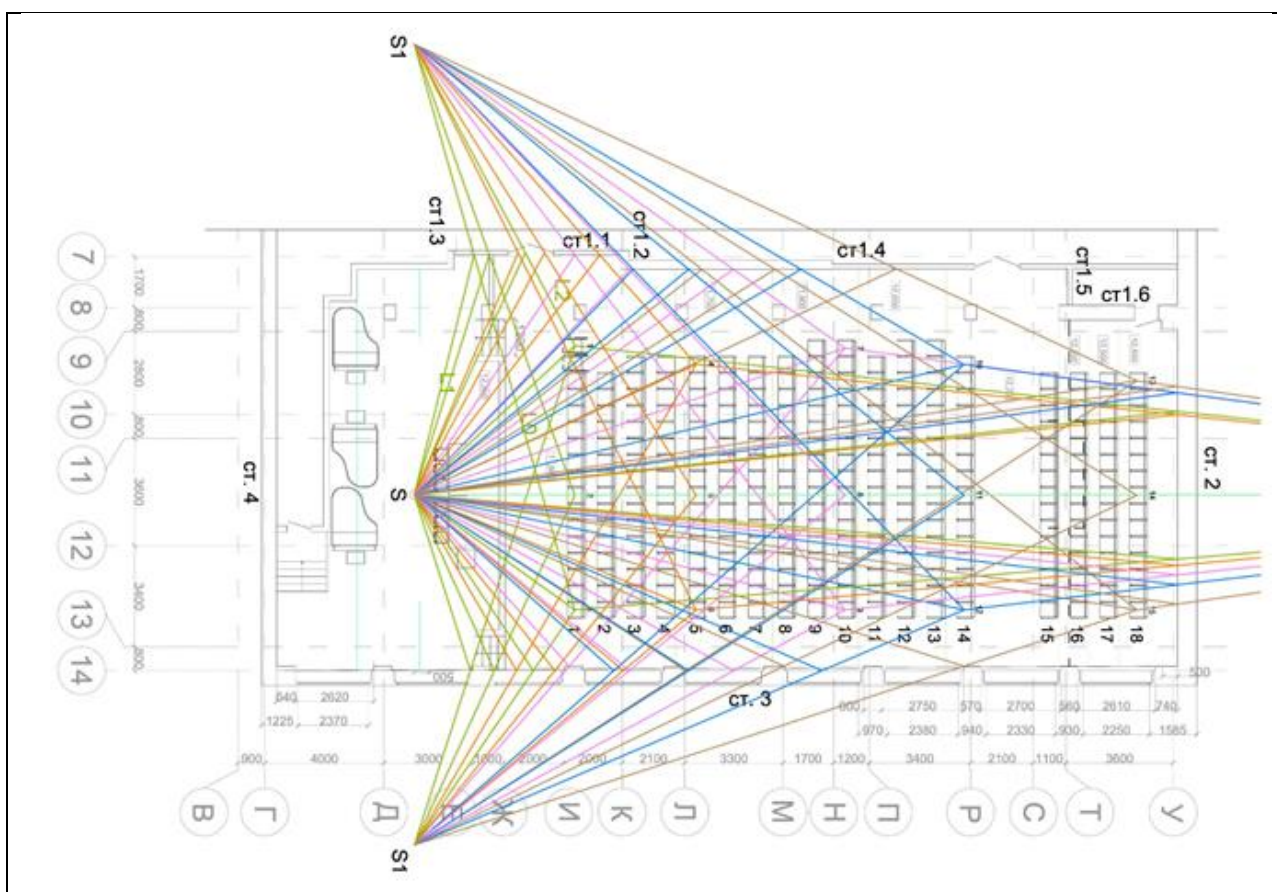


Рисунок 6. Построение первично отраженных лучей в расчетные точки

Построения и расчеты показали, что стены 1 и 3 хорошо отражают звук и не дают эха на зрительские места, а стена 2 создает условия для возникновения эха на первых рядах. К счастью, стена, которая могла бы давать эхо, обработана акустическим материалом, который поглощает большую часть падающей на него звуковой энергии (Рис. 7). Таким образом, наши слушатели избавлены от эха.



Рисунок 7. Стена, обработанная акустическим материалом

В данном зале плоскость пола имеет небольшой уклон, что благоприятно влияет на условия слышимости и видимости, однако он недостаточно выражен. При увеличении уклона повысится и качество восприятия звука на дальних местах, т.к. прямой звук будет в меньшей мере поглощаться сидящими впереди слушателями. Учитывая то, что здание не новое, уклон и конструкция пола продиктованы уже существующими условиями. Поэтому изменить его нет возможности.

Выбранные кресла имеют высокие спинки, что ухудшает условия видимости и слышимости (Рис. 8).

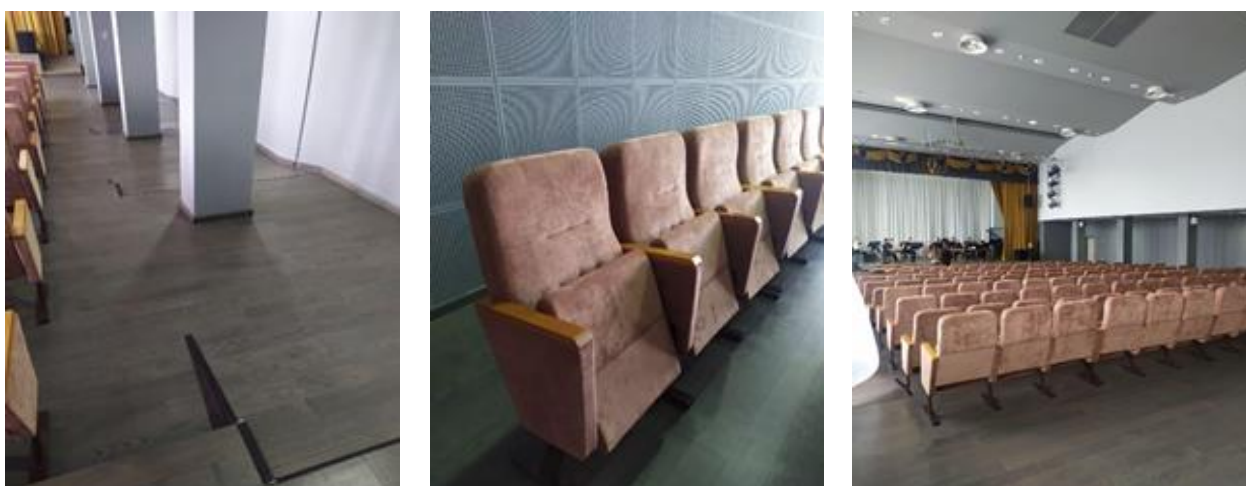


Рисунок 8. Конструкция пола и зрительские места

Одной из основных характеристик акустики зала является время звучания звука в зале – время реверберации. Различают оптимальное (то, которое должно быть) и стандартное (которое существует в зале).

Для работы над акустикой зала нам были предоставлены чертежи и спецификации к ним. Нами были проведены расчеты времени реверберации с учетом примененных в этом зале материалов и мебели.

При сравнении стандартного времени реверберации с оптимальным разница должна составлять не более 10%. Если это значение превышает +10%, то зал считается гулким, т. е. звуковая энергия в избытке. В случае, когда значение менее -10% - глухим.

После проведения расчетов по частотам, выяснилось, что данный зал является глухим, а это значит, что в зале недостаточно многократно отраженной звуковой энергии. Посетив зал, мы убедились в этом.

Сотрудники колледжа рассказали нам о том, какие впечатления оставляет акустика этого зала у музыкантов. Субъективные условия слышимости оказались разными на разных местах зала (в начале, середине и конце), существуют так называемые «акустические провалы», наличие которых подтверждается нашими построениями и расчетами. Для того, чтобы понять, насколько полно зал соответствует своей функции, мы провели сравнительный анализ и с помощью расчетов оценили нынешнее положение и оптимальное.

Стоит отметить, что зал глухой практически на всех частотах, кроме 125 Гц. (Рис. 9).

	Частота					
	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц
$T_{opt} =$	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
$T_{ст} =$	1,25	0,98	0,92	0,9	0,85	0,85
$\Delta T, \%$	-6	-26	-31	-32	-36	-36

Рисунок 9. Определение разницы во времени реверберации на разных частотах.

Удельный объем, приходящийся на одного зрителя в нашем зале, составляет 8,52 м<sup>3</sup>/чел, что немного превышает рекомендации СН 2.04.01-2020.

Для улучшения акустики зала мы можем предложить несколько мероприятий, а именно:

- уменьшить количество слушателей, убрав последних четыре ряда. Таким образом, и длина зала, и удельный объем придут в соответствие с требованиями к акустике. Возможно применение трансформируемой перегородки.
- установить кресла с более низкими спинками, что позволит людям получать больше прямого звука. Чтобы уменьшить звукопоглощение кресел, спинки их с обратной стороны могут быть жесткими.
- заменить шторы на жалюзи/роллеты или др. конструкцию для меньшего звукопоглощения.
- Также мы можем предложить установить отражатель на потолке. Он обеспечит качественный направленный звук (Рис. 10).

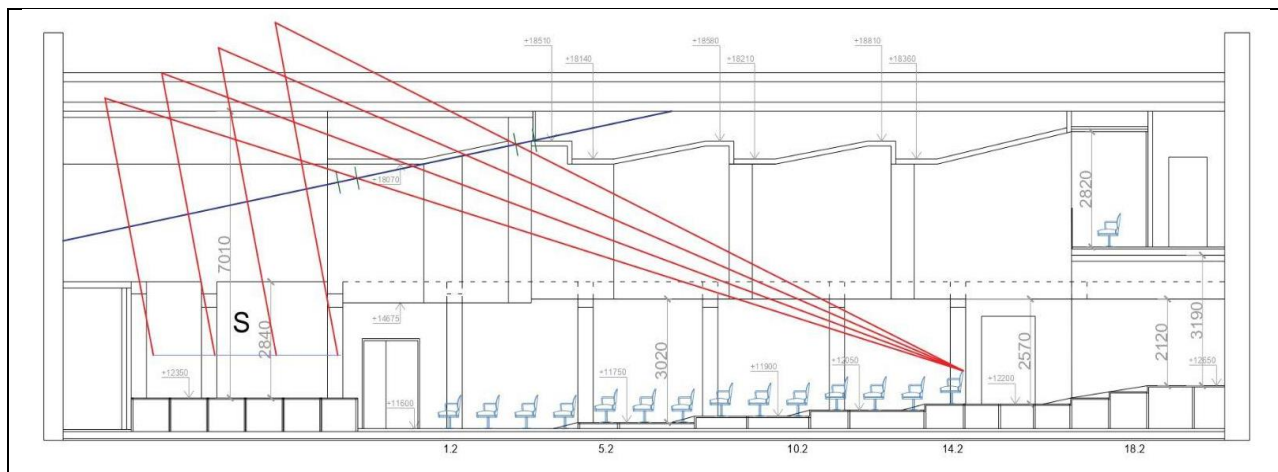


Рисунок 10. Построение отражателя

### *Литература*

1. «Архитектурная физика». Коллектив авторов под редакцией Н.В. Оболенского; Москва, 2016
2. «Акустика помещений общественных зданий», Л.И.Макриненко; Москва, 1986
3. «Архитектурно-строительная акустика», С.Д. Ковригин, С.И. Крышов, Москва, 1986
4. СН 2.04.01-2020. Защита от шума [Электронный ресурс]. – Введ. 04.01.2021 // Режим доступа : <https://ips3.belgiss.by/ТпраDetail.php?UrlId=630009>. – Дата доступа : 10.11.2020.