

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАЛА ЛЕКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ерашов К. Г., Санько Д. А.

Научный руководитель — Ковальчук О. И.

Белорусский национальный технологический университет
Минск, Беларусь

Введение

Объектом исследования является лекционный зал, расположенный в 9 корпусе БНТУ. Целью работы являлось определение качества распространения звука в лекционном зале и характеристика зала с данной точки зрения. В процессе работы проводились обмер лекционного зала, расчеты, направленные на определение характеристики зала, подбор подходящих материалов, необходимых для корректировки распространения звука в зале. В результате проведенной работы были выявлены существующие дефекты, оказывающие непосредственное влияние на учебный процесс. На основе полученных данных было предложено решение, реализация которого позволит устранить проблему и улучшить техническую сторону учебного процесса.

Для исключения последующей многократной расшифровки терминов, ниже даны определения часто используемых понятий:

- **Реверберация** – физическое явление, при котором происходит процесс постепенного уменьшения интенсивности звука вследствие его многократных отражений.
- **Время реверберации** – период времени, за который сила отраженного звука уменьшится на 60 дБ.
- **Акустическая тень** – место в зале, куда не попадают первично отраженные звуковые лучи.
- **Эхо** – явление, когда первое отражение звукового импульса воспринимается слушателем как повтор прямого звука, что связано со значительным временным интервалом между ними.

Характеристика исследуемой аудитории

Исследуемой аудиторией является лекционная аудитория (Рис. 1) в 9 корпусе БНТУ, расположенном по адресу г. Минск, ул. Якуба Коласа, 14. Аудитория находится на 3-м этаже здания, ее окна выходят на главный фасад, ориентированный на С-З, на ул. Якуба Коласа. Воздушный объем зала составляет 1027,6 м³. Площадь внутренних поверхностей – 717,67 м². Вместимость зала – 168 мест. Форма зала – вытянутый прямоугольник. Для отделки бетонных стен и потолка используются шпаклевка, штукатурка и клеевая краска, пол аудитории паркетный.



Рисунок 1. Фото исследуемой аудитории

Качественные требования к исследуемому помещению

Исследуемый зал представляет собой лекционную аудиторию, основными требованиями к которой являются хорошие слышимость и разборчивость речи спикера. Хорошая слышимость является суммой прямого звукового луча, исходящего непосредственно от спикера, и отраженных звуковых лучей.

Характеристика первично отраженных лучей

Наиболее полезными являются первично отраженные звуковые лучи (Рис. 2), которые особенно важны для людей, сидящих на большом расстоянии от спикера. Поскольку первично отраженные лучи имеют самую большую важность после прямого звука, для их качественной оценки важно учитывать время запаздывания этих лучей относительно прямого звука.

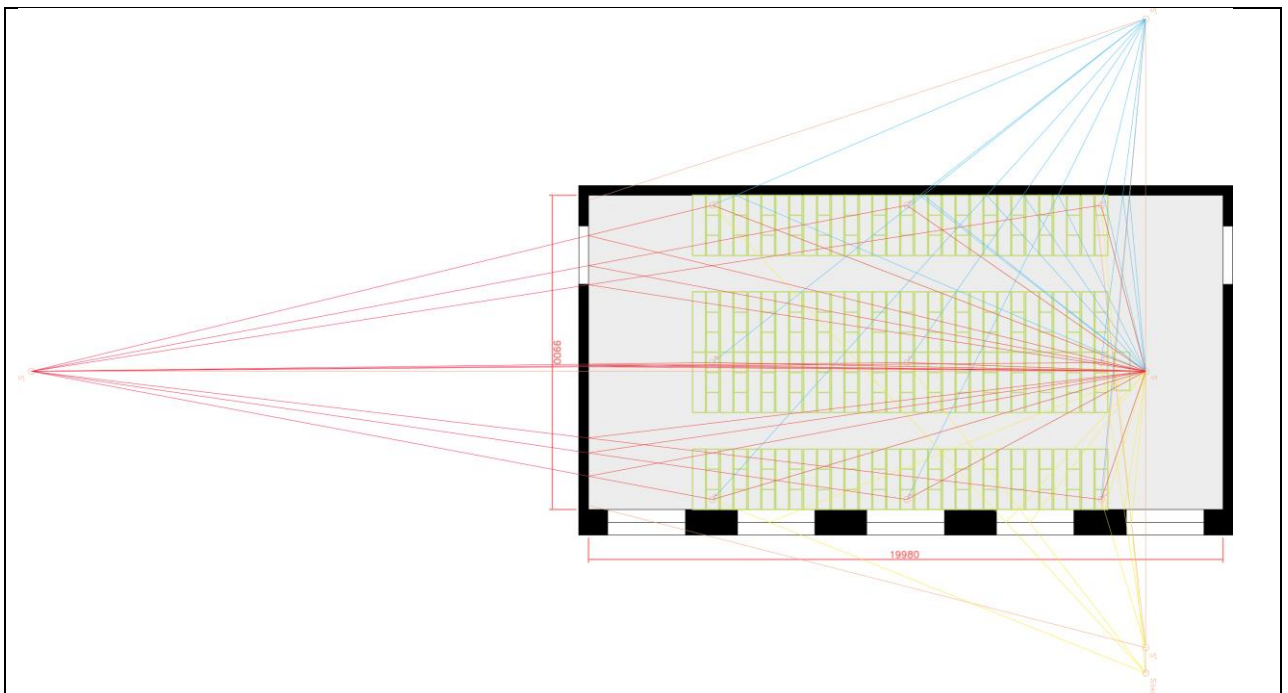


Рисунок 1. План аудитории. Построение лучей, отраженных от задней стены

Пограничным значением для времени запаздывания является величина в 0,05 с. В случае, когда время запаздывания превышает данную величину, возникает эхо. В результате расчетов, проведенных для каждой из расчетных точек, было выявлено, что эхо возникает в точках 1-6, поскольку звук, идущий от спикера, отражается от задней стены аудитории и приходит к слушателю в указанных точках спустя существенный промежуток времени после того, как слушатель уже услышал сказанное при помощи прямого звука. Для устранения данного дефекта предлагается обработать заднюю стену звукопоглощающими панелями (Рис. 5) на высоте 2 метра – высоте человеческого роста.

Определение полезности звука

Помимо времени запаздывания важной характеристикой полезности первично отраженного звукового луча является разница уровней звуков прямого и первично отраженного лучей. В данном случае критическим значением является величина в 6дБ. Расчеты велись для всех заданных точек с учетом отражений от всех релевантных стен. В результате расчетов было выявлено, что норму превышают лучи, отраженные от **стены 1** и приходящие в точки 2 и 3, и лучи, отраженные от **стены 2** и приходящие в точки 1 и 2. Исключительной в данном случае является **стена 3**, у которой полезными являются отражения для точек 8 и 9, в остальных случаях отраженный звук ослабевает настолько, что не воспринимается человеком. Вышеприведенные расчеты являются еще одной причиной для установки звукопоглощающих панелей (Рис. 5) на задней стене аудитории.

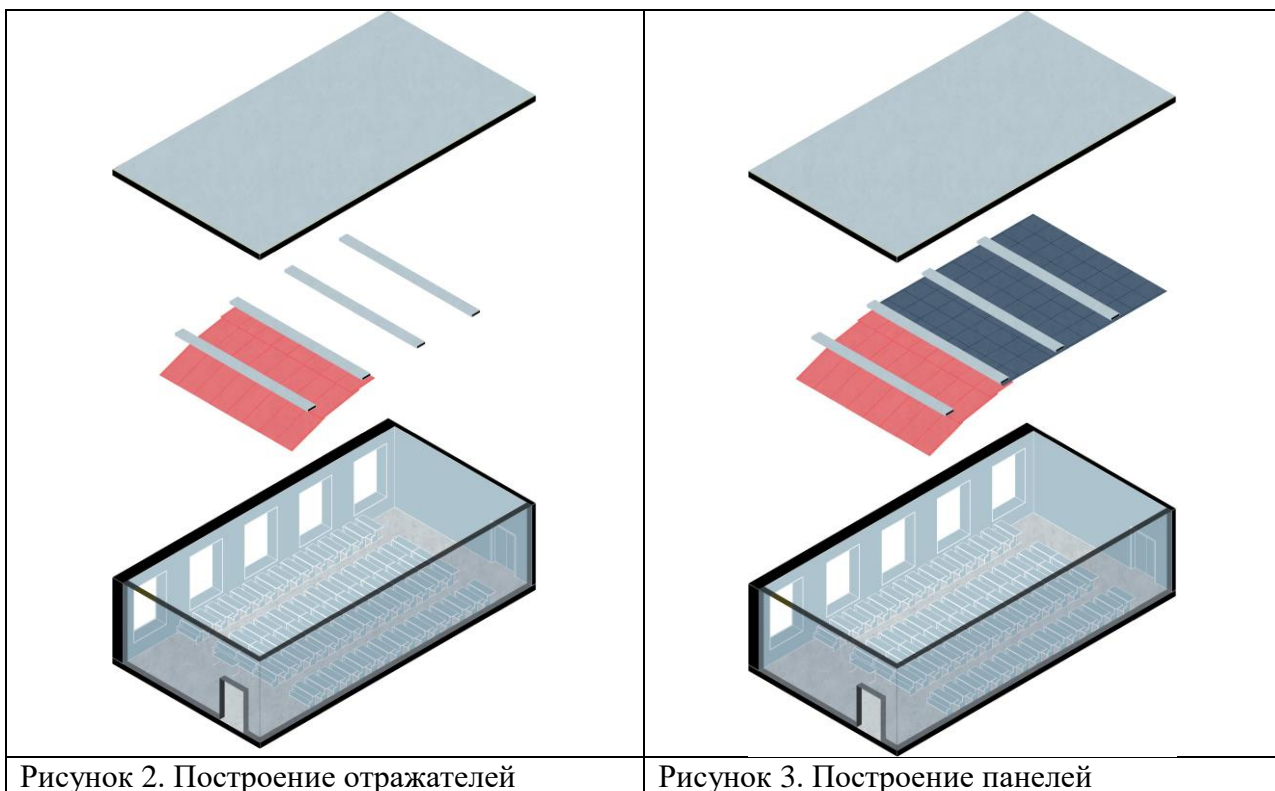
Сравнение реального и ожидаемого количества отраженных лучей

Следующим шагом была оценка соответствия реального количества полезных первично отраженных от потолка лучей, приходящих в расчетную точку, с ожидаемым количеством, выявленным в ходе следующих расчетов. Расчетными точками выступают те точки, которые лежат на центральной оси зала, а именно точки 2, 5, 8. В соответствии с полученными результатами, необходимым количеством лучей в точке 2 является **1 луч**, в точке **5-2 луча**, в точке **8-6 лучей**. При сравнении желаемого и реального количества лучей выявлен недостаток лучей исключительно в точке 8, поскольку в точку 8 приходит **4 луча**, при необходимости в **6 лучей**. Ответными действиями на выявленный дефект может быть построение отражателей (Рис. 3), используемых для направления 2-х дополнительных лучей в точку 8.

Определение времени реверберации

Финальным блоком расчетов для характеристики зала являются расчеты для определения времени реверберации зала. Принимая во внимание, что помещение выступает в качестве лекционной аудитории, основное внимание уделялось значениям частоты до 250 Гц — значение, близкое частоте человеческого голоса. Для оценки времени реверберации используются два значения: оптимальное и стандартное. Оптимальное

значение является идеальным значением, полученным для рассматриваемой аудитории, стандартное — реальным, полученным с корректировкой на общее значение звукопоглощения в зале. В случае, если стандартное значение больше оптимального, зал является гулким, если меньше — глухим. В соответствии с полученными результатами, зал можно охарактеризовать как гулкий, т.е. в нем избыток многократно отраженной звуковой энергии. В связи с этим, для снижения уровня звуковой энергии, предложена обработка задней стены звукопоглощающими панелями (Рис. 5) по всей плоскости, расположение звукопоглощающих панелей под потолком (Рис. 4) там, где нет полезных отражения, а также установка дополнительных поглощающих панелей (Рис. 6) на стенах 1 и 2.



Вывод

В результате проведенных расчетов были выявлены ныне существующие дефекты, оказывающие влияние на акустическое качество зала и учебный процесс. В соответствии с результатами расчетов были предложены возможные корректировки (Рис. 7), способные исправить существующие дефекты. В них входит: установка отражателей (Рис. 3) под потолком над местом, где находится лектор, для направления 2-х дополнительных отраженных лучей на задние ряды; размещение под оставшейся открытой частью потолка, в местах, где нет полезных отражений, звукопоглощающих панелей; расположение звукопоглощающих панелей на задней стене аудитории (Рис. 5) для избавления от лучей, которые слишком слабы, и в связи с этим недоступны человеческому уху; размещение поглощающих панелей на боковых стенах аудитории (Рис. 6) с целью

снижения звуковой энергии помещения, которое в соответствии с расчетами охарактеризовано как гулкое. Следование предложенным корректировкам позволит сделать аудиторию более комфортной как для спикера, так и для слушателей.

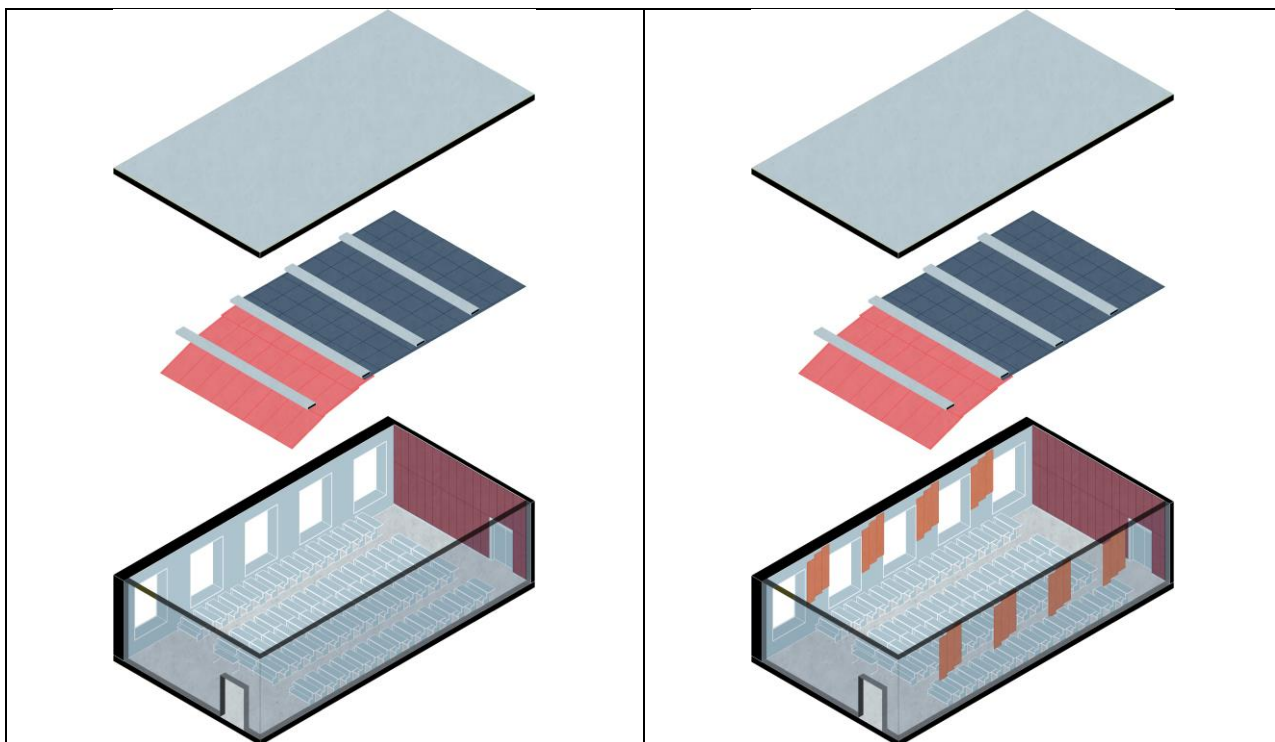


Рисунок 4. Построение панелей на задней стене

Рисунок 5. Построение панелей на боковых стенах

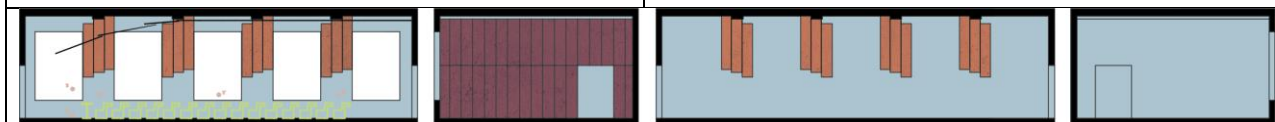


Рисунок 6. Возможные корректировки акустики зала

Литература

1. Защита от шума [Электронный ресурс]: СН 2.04.01-2020. – Введ. 04.01.2021. Минск : Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2020. - 69 с.
2. Архитектурная физика : Учебник для вузов : Спец. «Архитектура» / В. К. Лицкевич, Л. И. Макриненко, И. В. Мигалина и др.; Под редакцией Н. В. Оболенского. — Москва : «Архитектура-С», 2007. — 448 с.