

## АРХИТЕКТУРА ЗВУКА: ГАРМОНИЯ АКУСТИКИ В ФИЛАРМОНИЯХ

Анастасия РОЖЕНКО

<sup>1</sup>Технический Университет Молдовы, Факультет Урбанизм и Архитектура,  
Департамент Архитектуры, группа ARH-183, Кишинев, Республика Молдова

\*Автор-корреспондент: Роженко Анастасия, [anastasia.rojenco@arh.utm.md](mailto:anastasia.rojenco@arh.utm.md)

Научный руководитель: **Светлана ОЛЕЙНИК**, доктор архитектуры, доцент,  
Технический Университет Молдовы

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены основные принципы проектирования концертных залов, способствующих достижению оптимальных акустических показателей. Исследование дало возможность ознакомиться с новыми технологиями, позволяющими создавать благоприятные условия для идеального звучания в пространствах филармонических залов. Изученные технологии продемонстрировали их положительное влияние на восприятие музыки слушателями, что в конечном счёте, приводит к удовлетворению их потребностей и повышению спроса на проектирование, строительство или модернизацию имеющихся концертных залов.

**Ключевые слова:** концертные залы, звуковое пространство, акустическое проектирование, элементы дизайна, акустические панели, диффузоры.

### Введение

Архитектура звука и гармоничной акустики являются важными аспектами создания идеального звукового пространства залов филармоний. Концертные залы обладают оптимальными условиями для звучания музыки, чтобы каждая нота и звук могли полностью раскрыть свой потенциал и донести эмоции до слушателей. Оптимальная акустика позволяет звукам распространяться равномерно, без искажений и эхо, создавая при этом благоприятное звуковое окружение для слушателей. Филармонии и концертные залы представляют собой особые архитектурные сооружения, которые разрабатываются с учетом звуковых особенностей и требований. Правильное акустическое проектирование и использование современных технологий позволяют достичь оптимальной акустики и создать идеальные условия для музыкальных выступлений.

Исследование архитектуры звука и гармоничной акустики в филармониях не только позволяет нам лучше понять сложность и важность этой темы, но и помогает благодаря интеграции новых технологий создавать филармонии с высококачественной акустикой, обеспечивая непревзойдённое звучание артистов и восторженное восприятие слушателями.

### Цель исследования

Исследование акустики филармонии может быть проведено с учетом различных показателей, таких как: типологические аспекты помещения, его конструктивные особенности и использованные отделочные материалы. Форма и размеры помещения также существенно влияют на звучание. Например, округлые формы залов способствуют лучшей диффузии звука, тогда как более прямоугольные формы создают проблемы звукового отражения. Расположение сцены, акустических панелей и зрительских мест может определять, как звук распространяется в пространстве и воспринимается слушателями [1].

Использование различных отделочных материалов стен и потолка влияет на отражение и поглощение звукового потока. Например, деревянные панели придают звучанию теплоту, а пористые материалы уменьшают силу звука и эффект эхо. Установка специальных

акустических панелей (для поглощения звука) или диффузоров (для рассеивания звука) улучшает звучание и способствует нормализации акустической обстановки зала [2].

Выбор материалов для полов и сидений также влияет на акустику. Например, мягкие ковры и обивочные ткани поглощают часть звука, предотвращая его отражение.

Исследование акустики филармонических и концертных залов поможет сделать их более пригодными для различных видов музыкальных выступлений, обеспечивая высокое качество звучания и улучшая восприятие музыкальных произведений. С развитием технологий, появлением новых отделочных материалов и методов строительства возникает больше возможностей совершенствовать акустику филармоний. Исследования в этой области будут способствовать внедрению новых технологий создания совершенных звуковых пространств.

### **Теории акустического проектирования**

Акустическое проектирование концертных залов играет ключевую роль в обеспечении оптимального звукового восприятия слушателями [3]. Существует несколько актуальных теорий и подходов, направленных на создание пространств, где звук воспринимается наилучшим образом:

- Теория отражений и поглощений предполагает, что эффективные отражения звука от стен и потолка создают насыщенный и пространственный звуковой образ. Для этого в отделке залов используют звукопоглощающие и звукоизоляционные акустические материалы, позволяющие достичь оптимального баланса между реверберацией и четкостью звука.
- Теория диффузии заключается в том, что равномерное распределение звуковых волн в пространстве приводит к более естественному и приятному восприятию звука. Применение диффузоров помогает добиться этого равномерного распределения.

### **Влияние материала на акустику звука в филармонических залах**

Материалы, используемые в строительстве и отделке филармоний, могут оказывать значительное влияние на акустические характеристики их залов. Диффузоры распространяют звуковые волны таким образом, чтобы предотвратить возникновение чрезмерных отражений и улучшить звуковую обстановку. Другие материалы, такие как акустические панели, обычно изготовленные из пористых материалов, таких как стекловолокно, минеральная вата, поролон или пенополиуретан [4], устанавливаются на стены или потолок для поглощения звука и снижения уровня отражений и реверберации. Этот приём полезен для создания более мягкой и приятной акустики. Некоторые поверхности, способные рассеивать звук, помогают предотвратить формирование стоячих волн и улучшить равномерность распределения звука по залу. В свою очередь, бас-ловушки применяют для поглощения низких частот, которые сложно контролировать в помещениях.

Акустические обои относят к специальным материалам, которые часто выглядят как обычные обои или облицовочные панели, но имеют особые акустические свойства. Материалы, подверженные эффекту резонанса, вызывают нежелательные звуковые эффекты. Это может быть связано с недостаточной жесткостью или избыточной подвижностью конструкций или их отделки. Для предотвращения проникновения внешнего шума и обеспечения тишины внутри зала во время выступлений [6] важны материалы, обеспечивающие хорошую звукоизоляцию. Подбор специальных акустических отделочных материалов играет ключевую роль в стремлении к нахождению оптимального баланса между реверберацией, отражением и поглощением звука. Таким образом, выбор акустических отделочных материалов зависит от назначения помещения, его размеров, формы, а также желаемых звуковых характеристик.

### **Подходы к акустическому проектированию**

Использование современных компьютерных методов и технологий в проектировании акустической среды филармонических залов играет ключевую роль в создании пространств с оптимальным звучанием для музыкантов и восприятием звука слушателями [4].

Существуют несколько способов применения этих технологий:

- Создание виртуальных 3D-моделей филармоний, используя компьютерное программное обеспечение для моделирования акустики. Эти модели учитывают геометрию помещения, материалы стен, пола и потолка, а также местоположение акустических элементов, таких как акустические панели и диффузоры [6].
- Симуляция распространения звука внутри помещения с учётом отражения, поглощения и дифракции. Это позволяет инженерам анализировать и улучшать акустические характеристики зала.
- Оптимизация распределения звуковых источников в зале на базе применения современных аудиосистем с возможностью программного управления. Это процесс включает в себя настройку направления работы динамиков и уровня звука для создания оптимального звукового поля.
- Использование сенсоров и алгоритмов обратной связи на основе применения активных систем шумоподавления, которые могут быть встроены в зал для управления акустикой в реальном времени. Сенсоры регистрируют звуковые характеристики помещения, а алгоритмы обратной связи регулируют параметры звуковых систем для компенсации акустических аномалий.
- Применение численных методов оптимизации (например, такие как генетические алгоритмы) для поиска оптимальных параметров акустической среды. Это может включать в себя оптимизацию расположения звуковых источников, акустических панелей и других элементов.
- Виртуальная реальность (VR) и аудио технологии для создания виртуальных пространств. Эта технология даёт возможность тестировать различные акустические конфигурации до фактической реализации.

Одним из примеров зданий построенных по новым технологиям является Эльбская филармония в Гамбурге, которая открылась в 2017 году и представляет собой настоящее произведение архитектурного искусства. Главной особенностью этого зала является тот факт, что каждая из 10 000 акустических панелей была создана с помощью компьютерного параметрического проектирования. То есть, архитектурой занимался специальный алгоритм, без участия людей. В результате невозможно найти двух одинаковых элементов облицовки.

Каждая панель состоит из ячеек разного диаметра для формирования идеального звука в помещении. У каждой панели есть своя функция. Каждая по-разному поглощает или рассеивает звуковые волны, а все вместе они создают сбалансированную акустическую панораму во всем помещении (Рис. 1).

Такой приём использовался строителями веками: наиболее известным примером может служить концертный зал Венской филармонии, где различные украшения на стенах создают такой же эффект и помогают звуку лучше рассеиваться в пространстве. Но в Эльбской филармонии это реализовано совершенно новым, визуально захватывающим образом. Используя акустическую карту зала, был создан специальный алгоритм, который сгенерировал элементы облицовки зала, в последствии отлитые из специального гипсоволокна.

Таким образом, акустика во время концертов близка к совершенной. Реализовать такой проект силами человека попросту невозможно [6].



Рисунок 1. Отделка стены и потолка концертного зала Эльбской филармонии [6].

### Выводы

В ходе проведенной работы были рассмотрены основные принципы проектирования оптимальной акустики филармонических и концертных залов. Исследование позволило ознакомиться с новыми технологиями создания оптимального звукового пространства залов филармоний, которые в свою очередь положительно отражаются на восприятии музыки, и благодаря интеграции новых технологий, помогают создавать залы с высококачественной акустикой, обеспечивая непревзойдённое звучание артистов и их инструментов, а также яркие впечатления зрителей от прослушанных музыкальных произведений.

### Библиография

- [1] BARRON M., Auditorium Acoustics and Architectural Design, 2019, pp.128-410 [онлайн]. [дата обращения: 27.11.2023]. Доступен: <https://danylastchild07.files.wordpress.com/2016/05/auditoracoustics.pdf>
- [2] ИОРДАН В., Акустическое проектирование концертных залов и театров. Москва: Стройиздат, 1986, С. 32 [онлайн]. [дата обращения: 29.11.2023]. Доступен: <http://www.zodchii.ws/books/info-1114.html>
- [3] ИСАКОВ И., Виртуальная акустическая реконструкция архитектуры зрительного зала филармонии на основе технологии активного управления звуковым полем, Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2020, 22(6): 105–118.
- [4] JABLONSKA J., Architectural acoustics and speech legibility in university environment, Applied Acoustics, 2021, 53(55): 50- 311. [онлайн]. [дата обращения: 27.11.2023]. Доступен: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X21000104>
- [5] КЛИМУХИН А., КИСЕЛЁВА Е., Проектирование акустики зрительных залов: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе М.: МАРХИ, 2012, 56 с. [онлайн]. [дата обращения: 27.11.2023]. Доступен: <https://marhi.ru/kafedra/techno/physics/az.pdf>
- [6] В Германии построено здание оперы, которое полностью придумал компьютер. Там лучшая акустика в мире [онлайн]. [дата обращения: 27.11.2023]. Доступен: <https://www.iphones.ru/iNotes/chto-poluchitsya-esli-dat-iskusstvennomu-intellektu-vozmozhnost-postroit-dom-posmotrite-na-rezultat-04-07-2021>
- [7] Особенности объемно-планировочного решения зданий с концертными залами [онлайн]. [дата обращения: 27.11.2023]. Доступен: <http://www.firma-stroitel.ru/konczal.html>