

В Древней Греции архитекторы стремились к тому, чтобы звук голоса достигал ушей зрителя «отчетливым и приятным». Для этого они обратились к теории музыкальных резонансов и создали междисциплинарную концепцию архитектуры. Прецеденты удачных форм аудиторий и развитие науки помогли создавать архитектурные шедевры с хорошей акустикой. Рождение науки архитектурной акустики в начале XX века вселило надежду на хорошее прогнозирование качества звучания проектируемых зрительных залов. Но уже к середине XX века стало понятно, что требуется новый путь. На стыке наук архитектурной акустики и электроакустики сформировалась новая междисциплинарная концепция зрительного пространства, которая в большей степени отвечает социальным и творческим запросам человека.

Ключевые слова: архитектура; зрительный зал; междисциплинарная концепция; амбиофония; иммерсивный звук. /

In ancient Greece, architects sought to ensure that the sound of the voice reached the viewer's ears "distinctly and pleasantly". To do this, they turned to the theory of musical resonances and created a multidisciplinary concept of architecture. The precedents of successful audience forms and the development of science helped to create architectural masterpieces with good acoustics. The birth of the science of architectural acoustics at the beginning of the 20th century gave hope for a good prediction of the sound quality of designed auditoriums. But by the middle of the 20th century, it became clear that a new path was required. A new multidisciplinary concept of audience space has been formed at the intersection of the sciences of architectural acoustics and electroacoustics, which meets the social and creative needs of a person to a greater extent.

Keywords: architecture; auditorium; multidisciplinary concept; ambiophony; immersive sound.

Эволюция междисциплинарной концепции зрительного пространства / The evolution of the multidisciplinary concept of audience space

текст

Юрий Исаков
Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А. Д. Крячкова

Евгений Лихачев
Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А. Д. Крячкова

text

Yuriy Isakov
Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts named after A. D. Kryachkov

Evgeniy Likhachev
Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts named after A. D. Kryachkov

1. Вступление

Большая часть наших знаний о древней греческой и римской архитектуре основана на трудах Витрувия Маркуса Поллиона, механика и архитектора, автора De Architectura. Это труд, датируемый примерно 27 годом до нашей эры, в котором Витрувий описывает театральный дизайн и природу звука. Он изучил особенности геометрического построения планов для греческого и римского театров. У греков, в отличие от римлян, оркестра была круглой, и угол зрительного пространства более 180°. Витрувий так описывает природу звука: «Голос двигается по бесконечно расширяющимся окружностям, подобно тем бесчисленным кругам волн, какие возникают на спокойной воде, если бросить в нее камень, <...> но на воде круги двигаются по поверхности лишь в ширину, а голос распространяется не только вширь, но постепенно восходит и ввысь <...> все они без всякого отражения доходят до ушей и самых нижних и самых верхних зрителей. <...> древние архитекторы <...> старались, чтобы всякий звучащий со сцены голос доходил до ушей слушателей отчетливее и приятнее» [1, с. 92]. Витрувий сформулировал архитектурную задачу зрительного пространства, которую решали зодчие в разные эпохи и решают в наши дни.

2. Первая междисциплинарная концепция зрительного пространства

Витрувия заинтересовала концепция зрительного пространства, созданная древними греческими

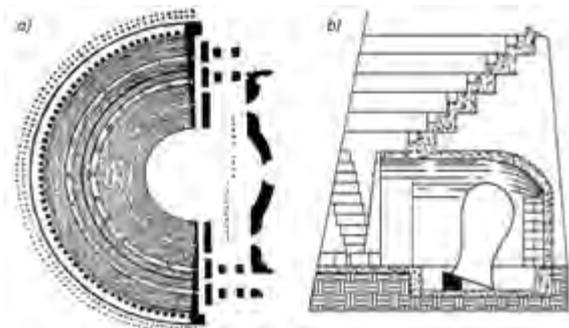
архитекторами (рис. 1а), в которой используются «звучащие» сосуды – «голосники». Для установки «голосников» требовались специальные помещения под ступенями амфитеатра (рис. 1б). Архитектор должен уметь настраивать «голосники», для чего он должен был овладеть музыкальной гармонией Аристоксена: «Гармония же есть музыкальный предмет, темный и трудный, в особенности для тех, кому неизвестен греческий язык» [1, с. 92]. Можно считать, что Витрувием описана первая междисциплинарная концепция зрительного пространства, где используются знания о звуке и музыкальной теории для улучшения звучания голосов и музыкальных инструментов. До сих пор многие архитекторы и ученые считают, что идея «голосников» лишь теоретическая и практически не работающая. Но исследования подтверждают, что «звучащие сосуды» улучшали акустику зрительного пространства древних театров, используя эффект дополнительного акустического резонанса в низкочастотном диапазоне.

3. Улучшение акустики зрительного пространства методами архитектуры

Эффект акустического резонанса использован в византийском соборе Святого Марка [2], построенного в IX веке в Венеции (рис. 2). В соборе Святого Марка пять куполов, по одному на каждом конце креста и один в центре. Диаметр параболической поверхности купола и высота влияют на собственный акустический резонанс.

Отмечено, что один из куполов издает «медные» тона, а противоположный купол издает «серебряные» тона. Композиторы сочиняли музыку специально для этого собора, чтобы использовать его замечательные акустические особенности. Джованни Габриэли, один из таких композиторов, хотел, чтобы зрители сидели под главным куполом, а звуки излучались по обе стороны, что давало возможность испытать акустические эффекты куполов.

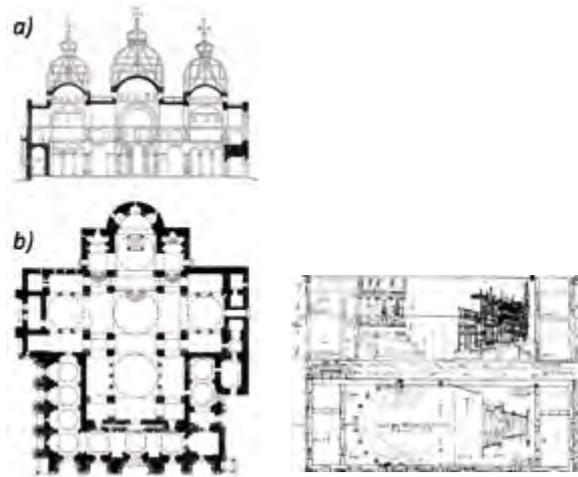
В эпоху раннего Ренессанса итальянский зодчий Леон Баттиста Альберти (1404–1472) публикует труд «Десять книг о зодчестве». Он пишет о значении портиков по периметру амфитеатра для усиления голоса: «Философы полагали, что воздух от сотрясения голоса и преломления звука движется кругами, <...> звук и голос становятся



> Рис. 1. План расположения ваз в амфитеатре Литта (а). Ниши для звучащих ваз (б)



> Рис. 2. Разрез а), план б) и виды собора Святого Марка, Венеция



^ Рис. 3. Разрез и план Teatro all'antica в Саббионете

гораздо звучнее и яснее там, где <...> круги движения наталкиваются на что-нибудь такое, что их <...> останавливает и отталкивает, подобно брошенному о стену мячу. От такого отражения эти круги становятся более тесными и сплоченными» [4, с. 290]. «Голосники», описанные Витрувием, Альберти тоже упомянул и объяснил, почему сложно их применять: «Я не буду вдаваться в указания Витрувия, почерпнутые им у музыкантов, по правилам которых он предписывал располагать в театре сосуды <...>. Сказать это легко, но как осуществить на деле, знают только ученые» [3, с. 292].

Новая форма спектакля, мелодрама или опера, объединила различные виды представления: мелос, означающий пение, драму, означающую игру. В последние десятилетия XVI века опера приобрела собственную независимую архитектуру театра. План театра обычно делился на зоны с разными функциями: «савеа», или зрительные места; сцена и помещения за ней, предназначенные для персонала и артистов. Teatro all'antica в Саббионете (1588–1590) Винченцо Скамоцци (1548–1616) стал первым зданием, полностью спроектированным как отдельно стоящий театр (рис. 3) [4].

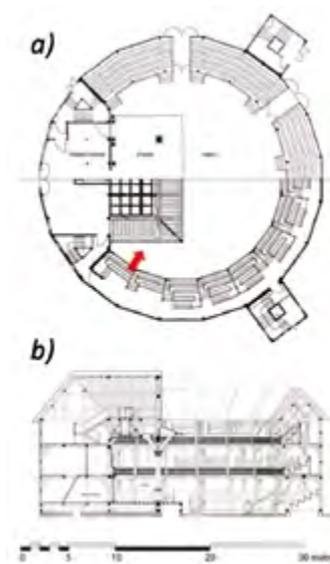
В Лондоне в 1567 был построен театр драмы «The Red Lion». Этот театр стал прототипом здания театра «Глобус», который был построен в 1599. Именно постановка произведений Шекспира и других драматургов эпохи Возрождения делали этот театр одним из важнейших центров культурной жизни страны. В 1642 Кромвель, поощрявший пуритан, закрыл театр, а вскоре и все театры Англии. Спустя 300 лет театр был восстановлен в первоначальном виде. Поскольку спектакли проходят в аутентичной обстановке, то можно в наши дни оценить качество театрального звука конца XVI – начала XVII веков. Зрители находятся в секторе 270° вокруг сцены. Поэтому часть зрителей всегда видят актера или сбоку, или со спины, что значительно снижает отчетливость голоса (рис. 4).

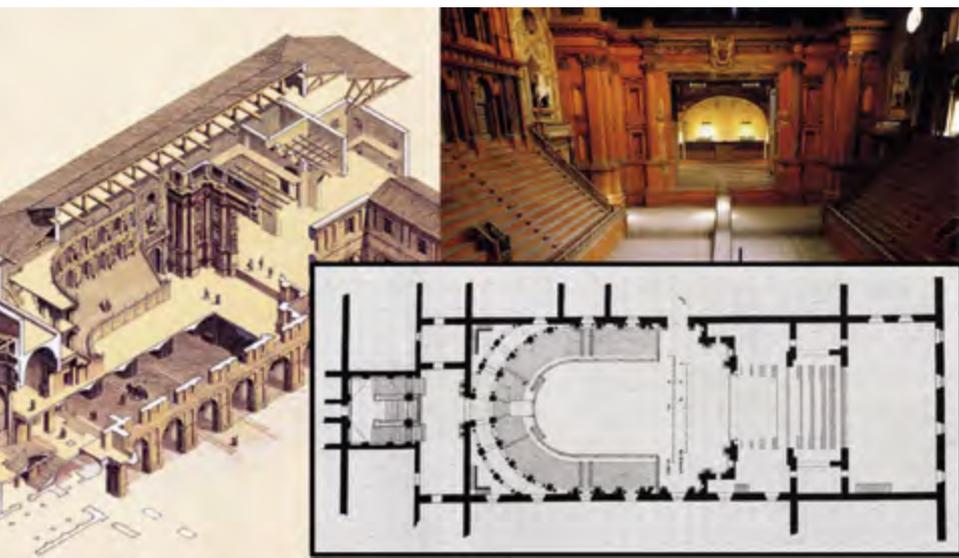
В начале XVII века в театральный дизайн вошел новый элемент, который повлиял как на сценографию, так и на акустику – арка авансены. Итальянский архитектор Джованни-Баттиста Алеотти (1546–1636) ввел новое пространственное расположение в Театре Фарнезе

в Парме (1610) [5] (рис. 5). Алеотти построил арку авансены, которая материализовала разницу между реальным и театральным вымыслом. Роль этого элемента была как визуальной, так и акустической: арка усиливала первые отражения от источника звука на сцене, тем самым повышая «отчетливость» голосов солистов в партере.

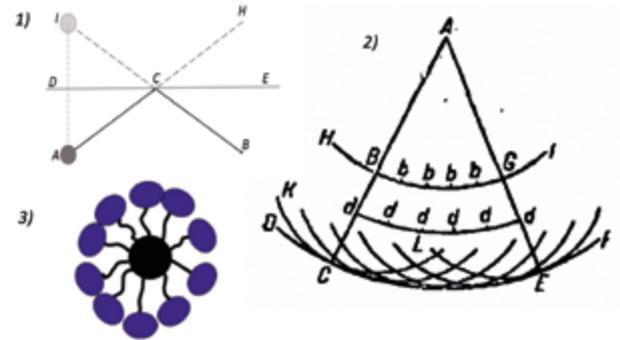
Повышенный интерес к физике звука вызвал труд иезуита Джузеппе Бьянкани (1566–1624), опубликованный в 1620. Часть сочинения называется Эхометрия, или Геометрический трактат об Эхе [5]. Эхометрия Бьянкани открыла новую область научных знаний, сочетающую звук и оптику, которая в дальнейшем будет называться акустика. Французский математик и физик Марен Мерсенн (1588–1648) в 1636–1637 пишет монографию «Универсальная гармония...». В одном из разделов «Трактате об Эхо» он описывает теорию отражения звука от поверхности (рис. 6 (1)): «<...> если линия голоса идет от А до Н, когда Звук встречает отражающую поверхность D E в точке С, он будет отражаться обратно в точку В.

v Рис. 4. Театр «Глобус» в Лондоне: а) план; б) разрез [9, р. 282]. Красной стрелкой на плане отмечено место, с которого сделано фото





^ Рис. 5. Театр Фарнезе в Парме. 3D – разрез. Вид на сценическую арку. План

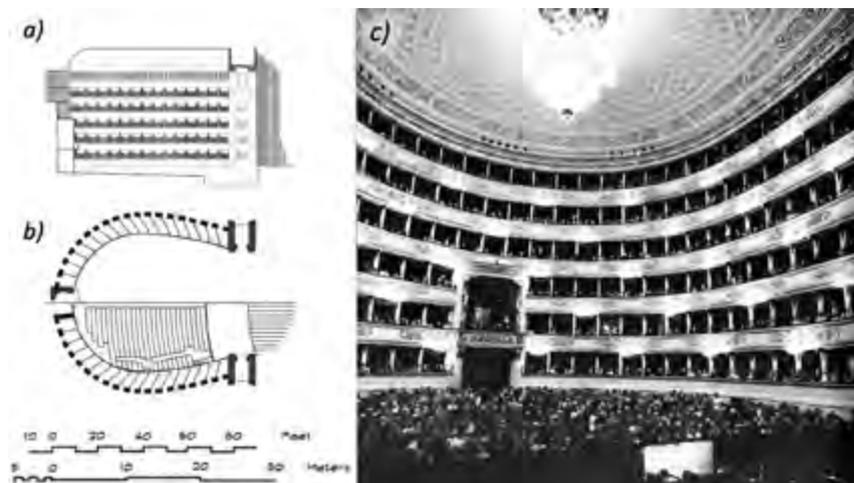


^ Рис. 6. 1) К описанию теории отражения звука по Мерсенну. 2) К волновой теории Гюйгенса. 3) К теории Виттоне

<...> Звук, издаваемый в точке А, который собирается ударить в С, слышится ухом, находящимся в точке В, как если бы он находился в точке I, где образ предстает перед глазами <...>» [6, с. 56]. Это практически описание современного метода мнимых источников, которым пользуются архитекторы при построении отражающих поверхностей.

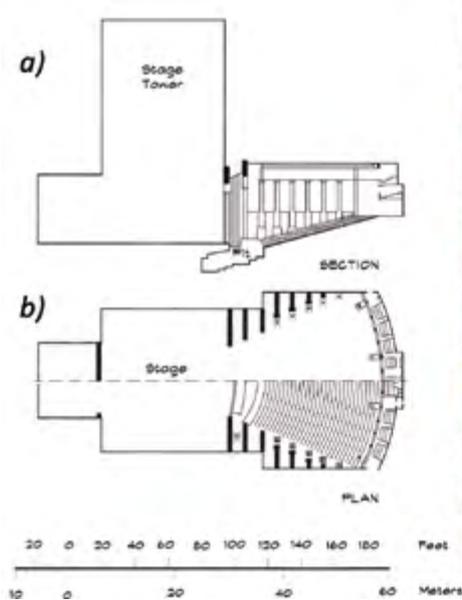
Голландский физик и математик Христиан Гюйгенс (1629–1695) в своем «Трактате о свете» объясняет волновую теорию (рис. 6 (2)): «<...> каждая частица вещества, в котором распространяется волна, должна сообщать движение не только ближайшей частице, <...> также и всем другим частицам, которые касаются ее и препятствуют ее движению. Таким образом вокруг каждой частицы должна образовываться волна, центром которой она является» [7, с. 31–32]. Опираясь на свою теорию, Гюйгенс объясняет закон отражения волн. Угол отражения равен углу падения волны. Итальянский архитектор Антонио Бернардо Виттоне (1704–1770) пишет краткий трактат о природе звука [13] и приходит к тому же мнению, что Гюйгенс, однако полагая, что возбужденные частицы связаны с источником невидимыми нитями (рис. 6 (3)).

v Рис. 7. Театр Ла Скала в Милане (1776–1778) Джузеппе Пьермарини: а) продольный разрез; б) план партера и план лож [14, с. 24]; в) фото со сцены



Венецианский дворянин Андреа Меммо (1729–1793) в труде под названием «Простые советы для тех, кто интересуется строительством театра в приходе Сан Фантино в Венеции» (1790) указывает на направленность источников звука. По его мнению, дизайн театров круглой формы (по Витрувию) не был согласован с направленностью голоса. Кроме того, тембр («приятность») голоса зависит как от прямого звука, так и от отраженного [4]. При этом прямые и отраженные звуки должны были быть уравновешены: в частности, последние можно было выровнять при правильном выборе материалов. Джордж Сондерс (1762–1839), написавший «Трактат о театрах» (1790), предложил размеры театра согласовывать с возможностями человеческого голоса, а дерево использовать для поглощения нужного количества звука [4]. Архитектура зрительного зала Театра Ла Скала в Милане (1776–1778) Джузеппе Пьермарини (1734–1808) способствовала хорошему звучанию («отчетливому и приятному»), так как аккумулировала вышесказанные достижения в изучении звука (рис. 7). Зрительный зал в форме подковы украшен лепниной и позолоченными виньетками. Под потолком висит огромная богемская люстра. Вместимость 2289 зрителей при максимальном удалении от авансцены 31 м.

Задача «отчетливости и приятности голоса» была изобретательно решена в фестивальном оперном театре Вагнера в Байройте (Германия), построенного в 1876. Зрительный зал имеет прямоугольную форму, но зрительская зона – форму веера. Вместимость 1645 зрителей. План и разрез показаны на рис. 8. Вагнер стремился к тому, чтобы зрителей ничто не отвлекало от действия на сцене. Он использовал полный оркестр, но его звук должен быть приглушенный, для чего была использована глубокая оркестровая яма специальной конструкции (рис. 8). Из зала музыкантов и дирижера не видно: музыканты отделены от зрителей специальным вогнутым барьером, который отражает звук музыкальных инструментов на сцену. Таким образом, зрители не слышат прямого звука оркестра. Это решение улучшило баланс как внутри оркестра, так и баланс между певцами и оркестром [8].



< Рис. 8. Оперный зал Festspielhaus в Байройте, Германия: а) продольный разрез; б) план зрительного зала и сцены; с) фото зрительного зала; д) оркестровой ямы; е) фото в оркестровой яме

4. Архитектурная акустика: рождение науки

В 1800 Иоганн Г. Род (1762–1827) публикует «Теорию распространения звука для архитекторов», в которой описывает «теорию эха». Критическим расстоянием отражающей поверхности для заметности эха он считает 60 футов (18,3 м). В 1849 американский физик Джозеф Генри (1797–1878) разработал новый лекционный зал Смитсоновского института в Вашингтоне (рис. 9). Исследования Д. Генри привели к открытию того, что теперь известно как «эффект предшествования», устанавливающего ограничения на допустимые временные интервалы ранних отражений. Генри использовал свое открытие для проектирования формы поверхностей стен и потолка, чтобы сформировать «отчетливый» и громкий звук лектора для 1500 слушателей.

Знаменитое двухтомное издание «Теория звука» (1877–1878) профессора Кембриджского университета Джона Стретта, лорда Рэлея (1842–1919) стало обобщающим трудом, в котором освещены практически все результаты научных исследований в области акустики того времени. Во втором томе описывается теория слуха на основе работ Гельмгольца (1821–1894). В 1883–1890 Карл Штумпф (1848–1936) опубликовал труд «Психология звука».

Другой взгляд на проблему принадлежит Уоллесу Клементу Сэбину (Wallace Clement Sabine, 1868–1919), американскому физика. Он сформулировал понятие времени реверберации, которое до сих пор является самой важной характеристикой зрительного зала. Уоллес К. Сэбин признан как основатель науки архитектурной акустики. Сэбин должен был найти решение проблемы ужасного звука в лекционном зале Художественного музея Фогга (рис. 10 а). Для этого он разработал метод измерения времени затухания остаточного звучания после выключения органной трубы, используя только уши наблюдателя и секундомер. Он быстро понял, что время затухания слишком велико. В 1898 были внесены изменения, указанные Сэбином для улучшения акустики лекционного зала.

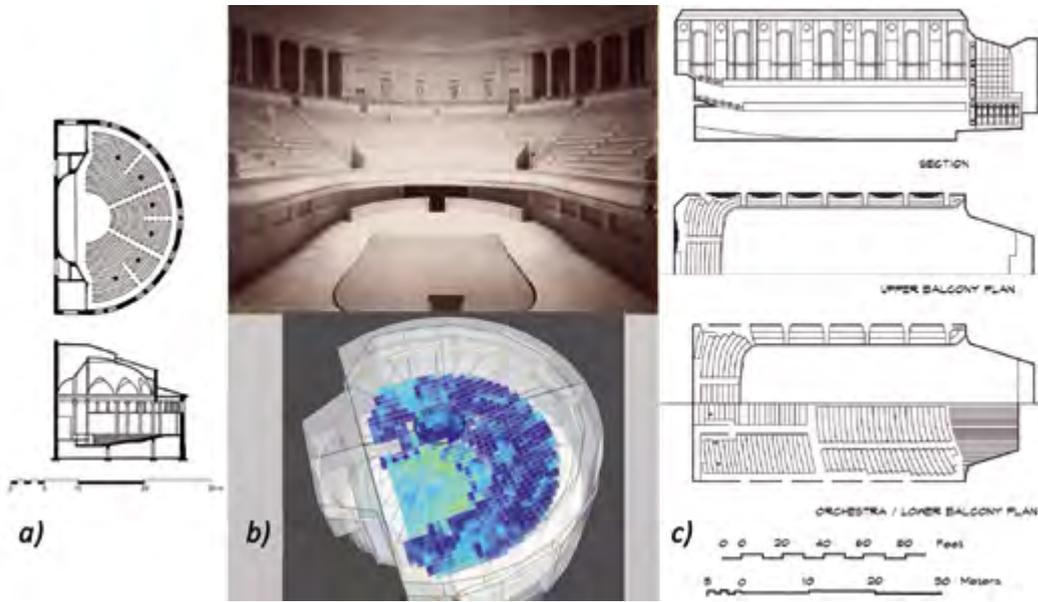
Осенью 1898 рассматривался новый Бостонский мюзик-холл, и У. Сэбина пригласили проконсультировать по вопросу акустики. Проект нового симфонического

зала предложил архитектор Чарльз Фоллен МакКим в форме греческого театра (рис. 10 б, сверху). Уоллес Клемент Сэбин оценил его как «идеальный современный зал». Исследования проекта МакКима в наши дни с помощью компьютерной модели показали, что выбор формы зала мог привести к акустической катастрофе [10]. Но Генри Ли Хиггинсон, банкир-филантроп, который основал в 1881 Бостонский симфонический оркестр, после консультаций с европейскими дирижерами настоял на том, чтобы форма нового зала была прямоугольной. Более того, архитекторам была поставлена задача взять за основу зал в Лейпциге и увеличить количество зрительных мест с 1560 до 2600. При этом Хиггинсон считал, что, по его мнению, увеличивать высоту не нужно, и старый мюзик-холл был слишком высок. Используя результаты своих исследований, Сэбин рассчитал необходимый объем зала для достижения оптимального времени реверберации для Симфонического зала Бостона (рис. 10 с) и предотвратил опасность ухудшения параметров. Его акустический проект завершился большим успехом, и Бостонский симфонический зал считают одним из лучших залов в мире. Кроме того, единицу поглощения энергии диффузного звукового поля – «Сэбин» – на-

в Рис. 9. Смитсоновский лекционный зал. План партера зала; пунктиром обозначена линия балкона



> Рис. 10. Лекционная аудитория Fogg Art Museum, Cambridge: а) план и продольный разрез. Проект симфонического зала Бостона: б) сверху – предложенный Charles Follen McKim; внизу – компьютерная модель проекта С. Ф. McKim, выполненная в компании iD!BRI. Boston Symphony Hall: в) продольный разрез и планы существующего зала



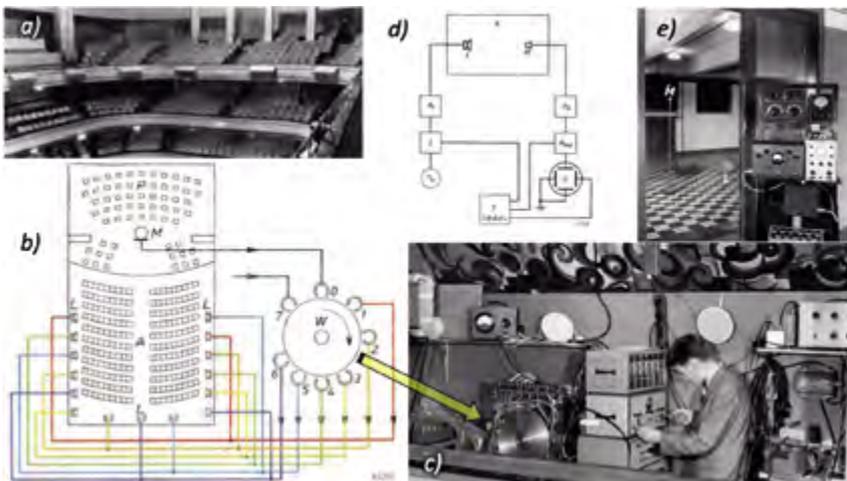
звали в его честь [10]. В своем труде Collected Paper on Acoustics в 1922 он пишет: «Проблема архитектурной акустики требует для своего полного решения двух различных направлений исследования: одно для количественного определения физических условий, от которых зависят громкость, реверберация, резонанс и связанные явления, а другое – для определения интенсивности, которую должно иметь каждое из них. какие условия лучше всего подходят для отчетливого прослушивания речи и какие эффекты лучше всего подходят для музыки в ее различных формах» [11].

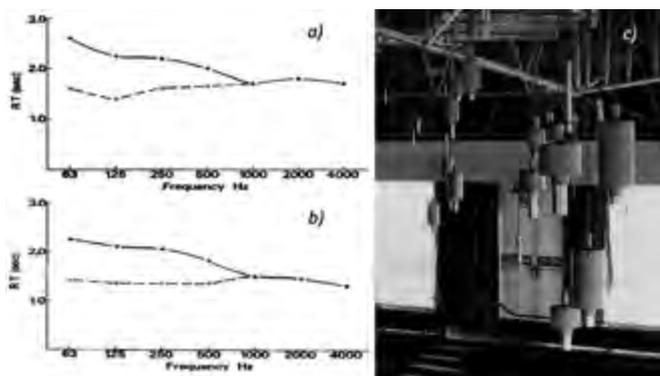
5. Междисциплинарная концепция архитектуры зрительного зала – амбиофония

В 1887 Александру Г. Беллу (1847–1922) был выдан патент на телефон. В Bell Labs проводились исследования в области речи и слуха в 1916–1949 под управлением Харви Флетчера (1884–1981). В 1920 началась работа по определению абсолютного порога слышимости [24]. В результате исследований стало возможным в числах выражать относительный уровень акустического и электрического сигнала. Величина названа «бел» в честь основателя телефонии. На практике

используется «дБ» – децибел. В 1935 в лаборатории Philips Research Lab. был изобретен метод изучения акустики концертного зала с помощью масштабной модели. В 1938 в Philips Technical Review была опубликована статья об акустике помещения, которая характеризуется реверберацией, разборчивостью речи и звукопоглощением [12]. В 1946 Виллем Так (1908–1984) разработал измерительную аппаратуру для изучения явлений реверберации (рис. 11 d, e). В исследованиях был вовлечен знаменитый дирижер Леопольд Стоковский: «воспроизведение звука через громкоговорители открывают совершенно новые возможности <...> музыка не должна достигать слуха с одного направления, скорее, слушатель должен быть окружен ею, не получая никакого впечатления от направления, но вместо этого купающийся в звуке». Он был настолько одержим этой идеей, что в лаборатории родился термин для объемного воспроизведения звука «стокофония». В статье «Пространство в музыке» Вермюлен объяснил концепцию амбиофонии, которая призвана имитировать диффузность и реверберацию. Исследования Вермюлена также были связаны с идеями Стоковского. В своей книге «Музыка для всех нас» в главе «Отражение и поглощение – эхо и реверберация», дирижер написал: «В будущем можно будет строить концертные залы и студии для радио и записи с переменной акустикой. <...> можно будет выделить и усилить любую частотную полосу и продлить ее реверберацией. <...> Это будет сделано не отражением, а электрическим процессом» [16]. Стоковский сформулировал новую междисциплинарную концепцию зрительного зала, в которой улучшение «отчетливости и приятности» звука происходит за счет электроакустики. Система состоит из микрофона/ов в области сцены и громкоговорителей, распределенных по зрительному залу (рис. 11b). Громкоговорители излучают задержанный сигнал, имитируя отражения. Для формирования задержек в системе использовалась магнитная запись, носителем записи был диск с магнитной поверхностью (рис. 11 b, c). Максимальная задержка составляла от 0,25 сек. до 0,5 сек. в зависимости от скорости вращения диска. В 1954 прототип системы был установлен в концертном зале Дома искусств и наук в Гааге (рис. 11 a). Первое публичное

в Рис. 11. Система Амбиофонии Philips: а) концертный зал Дома искусств и наук (вдоль верхнего балкона видны громкоговорители системы реверберации); б) упрощенная схема амбиофонической системы; в) прототип электронной системы задержек, установленной в Доме искусств и наук в Гааге; д) схема Виллема Така измерений характеристик реверберации; е) оборудование и комната, где проходили измерения (1947)



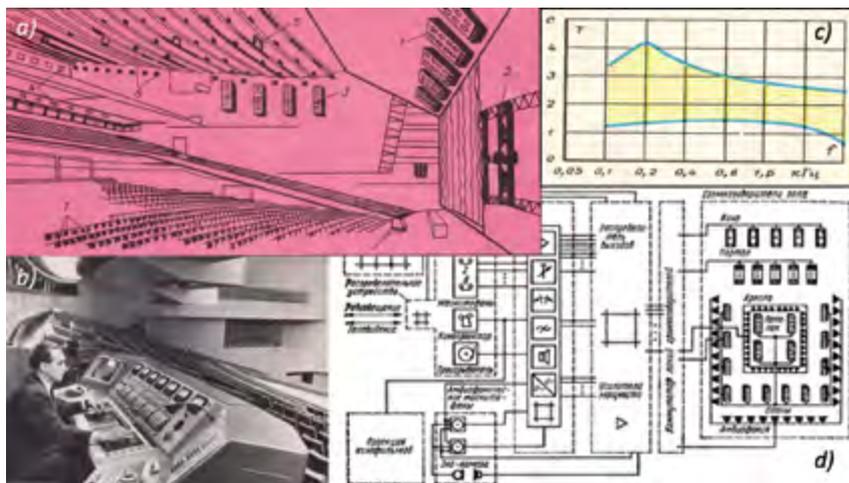


^ Рис. 12. Графики зависимости времени реверберации от частоты: а) без зрителей; б) со зрителями; сплошная линия на графиках – система включена, пунктирная линия – система выключена. Вид с) резонаторов для микрофонов

выступление Гаагского филармонического оркестра с использованием системы амбиофонии Philips состоялось 30 сентября 1954 [12]. После положительных отзывов музыкантов, критиков и меломанов система получила название EL6910. Первая коммерческая инсталляция была в Театре Ла Скала в Милане. После разрушений Второй мировой войны театр был восстановлен, но акустика театра стала слишком «сухая». В калибровке и настройке системы принимал участие знаменитый дирижер Герберт фон Караян. 7 декабря 1955 состоялось первое представление системы для широкой публики исполнением оперы Моцарта «Волшебная флейта»; дирижировал Герберт фон Караян [12, с. 59].

6. Система поддерживаемых резонансов Паркина

«Ройял Фестивал Холл» (RFH) в Лондоне, открытый в 1952 на 3000 мест [13]. Акустики использовали теорию Сэбина для прогнозирования времени реверберации на этапе проектирования. Но принятые в расчет значения коэффициента звукопоглощения зрителей оказались далеки от реальных. Устранение этого недостатка путем строительного-акустических мероприятий было признано нецелесообразным. Паркин предложил в 1961 улучшить акустику зала посредством регенеративной электроакустической системы [13]. Идея П. Паркина заключается в использовании акустического резонанса в системах, содержащих микрофон, усилитель и громкоговоритель. Паркин, по сути, предложил систему, которую придумали древние греки со звучащими вазами, но состоящую из большого числа электроакустических каналов, каждый из которых работает в очень узкой полосе частот. На первом этапе работы было решено ограничить акустическую коррекцию областью частот от 70 до 340 Гц. При ширине полосы в 3 Гц потребовалось 89 независимых каналов (максимальное число ваз у древних греков было 38 [1]). Микрофоны и громкоговорители были скрытно размещены над подвесным потолком (рис. 12 с). Положительная оценка достигнутых результатов и опыт успешной эксплуатации системы в течение ряда лет (1965–1969) побудили к расширению частотного диапазона коррекции [13]. В конечном варианте система содержала 172 канала, занимающих диапазон от 58 до 700 Гц. Тщательная



^ Рис. 13. Зрительный зал Кремлевского Дворца съездов: а) расположение громкоговорителей в зале; б) ложа звукооператора; с) график времени реверберации; д) структурная схема электроакустики зала

настройка системы привела к оптимуму, представленного графиками на рис. 12 а, б). В концертном сезоне 1968–1969 Герберт фон Караян дирижировал в RFH двумя концертами оркестра Берлинской филармонии. По его мнению, откорректированная акустика RFH являлась, возможно, наиболее совершенной среди концертных залов всего мира [13]. Систему коррекции Паркина нет оснований называть системой искусственной реверберации. Реверберация в зале как с коррекцией, так и без нее остается естественной. Эту особенность выражает термин «система поддерживаемых резонансов» (assisted resonance), предложенный П. Паркином для обозначения регенеративного метода воздействия на акустические свойства зала.

7. Реализация междисциплинарной концепции в зрительном зале Кремлевского дворца съездов в Москве

Рассматривая развитие в области проектирования концертных залов в XX веке, Йордан пишет: «<...> мы замечаем растущий интерес к экспериментированию формой и материалами. Следует также отметить некоторые тенденции при разработке проектов театральных и концертных залов. <...> Сейчас мы находимся на пороге новой эры в проектировании больших залов – эры залов многоцелевого назначения» [14, с. 30].

Зрительный зал Кремлевского дворца съездов многоцелевой. Зал предназначался не только для съездов партии, конференций и конгрессов, но и для исполнения разнообразных концертных программ: от эстрадных до симфонических. В объемно-пространственной структуре зала, план которого близок квадрату, балкон, амфитеатр и партер решены как единое архитектурное пространство. Зал вмещает 6000 зрителей. Наибольшее удаление зрителей от сцены от 47 м в партере до 62 м на балконе. При таких размерах формирование эффективных отражений за счет ограждающих поверхностей становится невозможным. Поэтому было принято решение об уменьшении влияния естественной реверберации [13, с. 74]. Для достижения отчетливости речи на съездах использовались 6000 малогабаритных громкоговорителей, встроенных в спинки кресел. Для музыкальных кон-

> Рис. 14. Примеры архитектуры зрительного зала театра «Black Box»



центов электроакустика должна формировать как прямое поле, так и реверберационное. Для формирования прямого поля использовалась пятиканальная портальная система мощностью 400 Вт на канал (рис. 13 а). Для формирования реверберационного поля – амбиофоническая система (рис. 13 d). В амбиофонической системе применялось 350 громкоговорителей по 5 Вт. Для формирования сигналов использовались задержки и эхо-камера. Открытие Дворца съездов состоялось 17 октября 1961. Оперативное управление режимами работы системы осуществлялось звукорежиссером (рис. 13 b). Пределы регулирования времени реверберации показаны на рис. 13 с. Во многих случаях оптимальные рабочие режимы устанавливались звукорежиссером с участием дирижера, хормейстера, художественного руководителя или постановщика. Во время исполнения звукорежиссер, сидя за пультом, имел перед глазами партитуру и программу управления режимами систем (усиления и амбиофонии) [13]. Уровень профессионализма звукорежиссера определял точность работы системы амбиофонии. Поэтому эти системы не были широко распространены.

8. Междисциплинарная концепция архитектуры зрительного пространства в цифровую эпоху

Методы представления любой информации в цифровом виде позволили создать более удобные и более точные приборы для контроля времени реверберации и других параметров в зрительном зале. Более детальное изучение слухового восприятия позволило определить параметры, которые соответствуют субъективному восприятию и могут быть измерены в зрительном зале. Теперь звук «отчетливый и приятный» (по Витрувию) закреплен в системе параметров, включенных в стандарт ИСО. Цифровая обработка звуковых сигналов позволяет добиться стабильности параметров, их сохранения и восстановления с точностью, превышающей способности восприятия отклонений слушателем. Многие фирмы-производители аудиоаппаратуры разработали системы коррекции и управления звуковым полем зрительного зала. Используются две основные технологии активного управления звуковым полем: «линейная» – S-SF (синтез звукового поля), эволюция амбиофонии; «регенеративная» – A-SF

(коррекция звукового поля), эволюция системы «дополнительного резонанса» Паркина. На базе этих технологий построены системы разных производителей MCR, E-coustic (LARES), ACS, SIAP, Vivace, Amadeus, CARMEN. Есть системы гибридные, объединяющие обе технологии: Constellation (Meyer Sound, USA) и AFC (Yamaha, Japan). В последние годы добавилась гибридная система CARMENCITA, новая генерация системы CARMEN. Несмотря на такое бурное развитие систем активного управления звуковым полем (АУЗП), их применение чаще всего наблюдается только после строительства зрительного зала с неудовлетворительной акустикой. Но намного эффективней, чтобы междисциплинарная концепция была выбрана на этапе проектирования зрительного зала, особенно трансформируемого, как в современном театре – без четкого разделения пространства на сценическое и зрительское. Как пишет Дорита Ханна, «театральные деятели XX века, такие как Мейерхольт, Арто, Брехт, Пискатор, Шлеммер, Рейнхардт и Гротовски стремились уничтожить тотальную арку авансцены и нарушить границы между актером и зрителем, экстерьером и интерьером, улицей и сценой, усилив переживание как захватывающее и галлюцинаторное событие» [15]. Последовательное уменьшение роли архитектуры в театральном действии привело к созданию «пустого пространства» по Питеру Бруку. Первым выразил идею «Театра будущего» английский сценограф Эдвард Гордон Крейг: «Место без формы – перед нами один огромный квадрат пустого пространства <...>» [15]. Можно сказать, что «Театр будущего» является предельной архитектурной реализацией – антиархитектурой. Это простая прямоугольная форма помещения, ограждающие поверхности которого и все технологическое оснащение выкрашено в матовый черный цвет для отсутствия бликов и теней. Вот «духовная сущность» нового театра, если вспомнить Ганса Шаруна. Театр получил название «Black box» – «Черная коробка». Конструкция зала такова, что зрительные места и сцена имеют возможность трансформироваться. Подвесного потолка нет, его заменяет технологическая решетка, на которую крепится театральное оборудование (рис. 14).

Если «духовная сущность» или парадигма театра «Black Box» для визуального восприятия – пустое пространство без теней и бликов, то это должно поддерживаться и звуковым восприятием «пустого пространства» как акустически «мертвого», с минимальными отражениями и минимальной реверберацией, чтобы исключить из акустического восприятия физические размеры зала. Лорд Рэлей в главе XIII тома II своего труда «Теория звука» приводит замечательный пример: «<...> цитируется в Natural Philosophy Юнга, том II, стр. 272 из Zoonomia Дарвина, том II, стр. 487. «Покойный слепой судья Филдинг, когда он однажды посетил меня, вошел в мою комнату впервые и после того, как произнес несколько слов, сказал: “Эта комната имеет около 22 футов длины, 18 ширины и 12 высоты”; все это он определил с большой точностью на слух» [9, р. 77].

Литература

1. Витрувий. Десять книг об архитектуре. Т. I / Витрувий; пер. Ф. А. Петровского. – Москва: Всесоюз. акад. архит., 1936. – 331 с. : ил. – (Классики теории архитектуры).
2. Egner, L. Architectural Acoustics, 12.12.2003. – URL: https://www.academia.edu/7738714/Architectural_Acoustics_Lisa_Egner (дата обращения: 24.07.2022).
3. Альберти, Л. Б. Десять книг о зодчестве : В 2 т. – Москва : Всесоюз. акад. архит., 1935–1937. (Классики теории архитектуры).
4. D’Orazio, D. и Nannini, S. «Towards Italian Opera Houses: A Review of Acoustic Design in Pre-Sabine Scholars» Acoustics. – URL: <https://doi.org/10.3390/acoustics1010015>, March 2019, pp. 252–280.
5. Postma, F. Barteld, N. и Katz, B. «Forum Acousticum, EAA.» в A History of the Use of Reflections Arrival Time in Pre-Sabinian Concert Hall Design, Krakow, 2014.
6. Marsenne, M. Harmonie universelle, contenant la théorie et la pratique de la musique ..., Paris: Gallica, 1636–1637.
7. Гюйгенс, Х. Трактат о свете / пер. В. Фредерикс. – Москва ; Ленинград : ОНТИ. Глав. ред. общетехн. лит-ры, 1935. – 172 с.
8. Long, M. Architectural Acoustics, London: Elsevier Academic Press, 2006.
9. Рэлей, Джон Вильям Стрэтт. Теория звука / Пер. с 3-го англ. изд. П. Н. Успенского и С. А. Каменецкого ; под общей ред. С. М. Рытова и К. Ф. Теодорчика. – Т. 2. – Москва ; Ленинград : Гостехтеоретиздат, 1955.
10. Edwards, N. «The acoustic science of boston’s symphony halls», iD!Bri. – URL: <https://www.idibri.com/content/articles/> (дата обращения: 11.02.2023).
11. Sabine, W.C. Collected Papers on Acoustics, London: Humphrey Milford Oxford University Press, 1922.
12. Kees, T. On the Threshold of Beauty, Philips and the Origins of Electronic Music in the Netherlands 1925–1965, revised PDF edition, 2020.
13. Фурдуев, В. В. Стерефония и многоканальные звуковые системы. – Москва : Энергия, 1973. – 112 с.
14. Йордан, В. Л. Акустическое проектирование концертных залов и театров / пер. с англ. С. А. Хомутова ; под ред. Л. И. Макриненко. – Москва : Стройиздат, 1986. – 170 с. : ил.
15. Hannah, D. «“(I m)Mater (Iality)and the Black -Box Thetre as an “Empty Space” of Reproduction”,» IDEA Journal, т. 4, № Design Research Paper, pp. 23–33, 2003.

Таким образом, только искусственная акустическая среда, соответствующая действию, может быть сформирована в театре «Black-Box». Значит, проектирование зрительного зала театра «Black-Box» возможно только на основе междисциплинарной концепции.

Заключение

Анализ приведенных прецедентов архитектуры зрительного зала и его назначения показывает, что социальные и творческие запросы, с одной стороны, и исследования физики звука, открывающие новые качественные характеристики восприятия, – с другой, ставят задачи, часто невыполнимые только методами архитектурной акустики. Поэтому междисциплинарная концепция является наиболее реальным путем архитектурного проектирования и реконструкции зрительных пространств и залов.

References

- Alberti, L. B. (1937). Desyat knig o zodchestve [Ten books on architecture]. In A. G. Garbichesky (Ed.), *Klassiki teorii arhitektury*. Moscow: Vsesoyunaya akademiya arhitektury.
- D’Orazio, D., & Nannini, S. (2019). Towards Italian Opera Houses: A Review of Acoustic Design in Pre-Sabine Scholars. *Acoustics*, 1(1), 252-280. <https://doi.org/10.3390/acoustics1010015>
- Edwards, N. (n.d.). *The acoustic science of Boston’s symphony halls*. iD!Bri. Retrieved February 11, 2023, from <https://www.idibri.com/content/articles/>
- Egner, L. (2003). *Architectural Acoustics*. Retrieved July 24, 2022, from https://www.academia.edu/7738714/Architectural_Acoustics_Lisa_Egner
- Furduiev, V. V. (1973). *Stereofoniya i mnogokanal’nye zvukovie sistemy [Stereothonics and multichannel sound systems]*. Moscow: Energiya.
- Hannah, D. (2003). (Im)mater(iality) and the Black-Box Theatre as an ‘Empty Space’ of Re-production. *IDEA Journal*, 4(1), 23-33.
- Huygens, Ch. (1935). *Traite de la Lumiere* (V. Frederix, Trans.). Moscow; Leningrad: ONTI NKTP SSSR.
- Jordan, V. L. (1986). *Akusticheskoe proektirovanie kontsertnykh zalov i teatrov [Acoustical Design of Concert Halls and Theatres]* (S. A. Khomutov, Trans.; L. I. Makrinenko, Ed.). Moscow: Stroyizdat.
- Kees, T. (2020). *On the Threshold of Beauty, Philips and the Origins of Electronic Music in the Netherlands 1925-1965*.
- Long, M. (2006). *Architectural Acoustics*, London: Elsevier Academic Press.
- Marsenne, M. (1632-1637). *Harmonie universelle, contenant la théorie et la pratique de la musique* Paris: Gallica.
- Postma, F., Barteld, N., & Katz, B. (2014). Forum Acousticum, EAA. In *A History of the Use of Reflections Arrival Time in Pre-Sabinian Concert Hall Design*. Krakow.
- Sabine, W. C. (1922). *Collected Papers on Acoustics*. London: Humphrey Milford Oxford University Press.
- Strutt, J. W. (L. Rayleigh). (1955). *Theory of Sound* (P. N. Uspensky & S. A. Kamensky, Trans.; S. M. Rytov & K. F. Teodorchik, Eds.). Vol. II. Moscow; Leningrad: Gostekhteorizdat.
- Vitruvius (1936). *Ten Books on Architecture* (F. A. Petrovsky, Trans.). Vol. I. Moscow: Publishing House of the All-Union Academy of Architecture.