

тивно досліджувати та удосконалювати об'єкти і закономірності об'ємно-просторової композиції, а також створювати нові сучасні форми. Такий художній підхід, безумовно, відзначається необмеженими творчими можливостями.

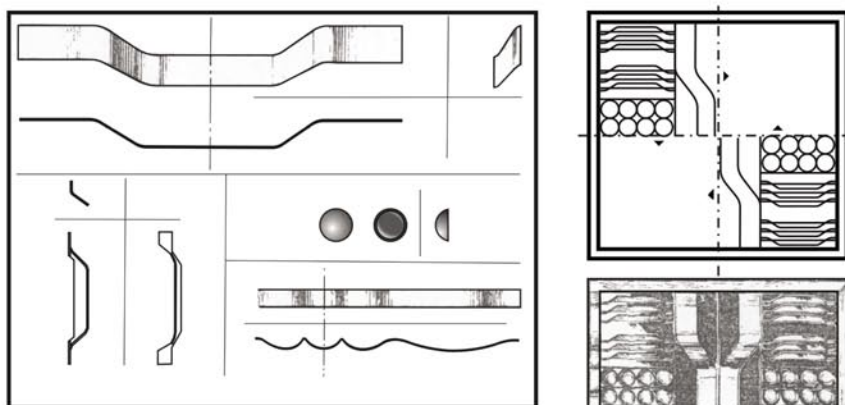


Рис. 3. Сучасна решітка з дзеркальною симетрією.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Семерак Г., Богман К. Художественнаяковка и слесарное искусство: Пер. с чеш. — М.: Машиностроение, 1982. — 232 с.
2. Ледзинский В.С. Современная художественнаяковка. — М.: Металлургия, 1994. — 468 с.
3. Анри де Моран.История декоративно-прикладного искусства: Пер. с фр. — М.: Искусство, 1982. — 577 с.
4. Божко Ю.Г. Основы архитектоники и комбинаторики формообразования. — Х.: Вища шк., 1984. — 184 с.
5. Михайленко В.Є., Яковлев М.І. Основы композиції (геометричні аспекти художнього формотворення): Навчальний посібник. — К.: Каравела, 2004. — 304 с.

УДК 725.812: 534.84

*Е. В. Витвицкая*

## АКУСТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАЛЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

**Анализ последних исследований и публикаций.** Начиная с середины XX века в литературе по архитектурной акустике появилось очень много информации об отражении звука поверхностями различных конфигураций, и в различных литературных источниках прослеживался *один и тот же вывод*: *плоские поверхности* — эффективно отражают звук и целесообразны в речевых залах; *выпуклые криволинейные поверхности* — эффективно рассеивают звук и целесообразны в музы-

кальных залах; *вогнутые криволинейные поверхности* — эффективно концентрируют звук, приводят к акустическим дефектам и нежелательны в залах.



Рис. 1. Интерьер многофункционального зала Юридической академии в Одессе с отражателями звука в присценной части

Распространенный вывод о негативном акустическом воздействии вогнутых криволинейных элементов способствовал тому, что они практически исчезли из интерьера залов постройки второй половины XX века, но при этом хорошей акустикой эти залы не прославились. Вместе с тем следует отметить, что удивительно хорошей акустикой обладают залы как старинных, так и новых построек, интерьеры которых содержат грамотно запроектированные вогнутые криволинейные элементы.

**Формулирование целей работы.** Целью настоящей работы является оценка акустического воздействия плоских, выпуклых и вогнутых поверхностей и выявление целесообразности их использования для улучшения акустики залов различного назначения, объемов и пропорций. Результаты исследований апробировались на примере улучшения акустики актового зала СШ № 4 в г. Ильичевске при реконструкции его в театр и замене плоских поверхностей потолка на вогнутые криволинейные элементы.

Результаты работы. **Выполнен акустический анализ, который позволил установить следующее:**

– *Плоские поверхности в зале* — не являются оптимальным решением, т.к. создают большую неравномерность звука и неодинаковые акустические условия на разных зрительских местах: *в присценной части* — *гулкое, неразборчивое звучание* (возможно эхо) при высоте зала  $H \geq 10\text{м}$  и ширине зала  $B \geq 20\text{м}$  — из-за интенсивных звуковых отражений с поздним запаздыванием ( $\Delta t \gg \Delta t_{\text{н}}$ ); *на удаленных рядах* — *отрывистое, тихое звучание* — из-за ослабленных звуковых отражений, имеющих слишком короткие запаздывания ( $\Delta t \ll \Delta t_{\text{н}}$ ).

– *Отражатели звука в зале* — используются для улучшения акустики помещения с плоскими поверхностями и представляют собой *крупные плоские или слегка выпуклые поверхности*, которые перераспределяют звуковую энергию и направляют её на удаленные ряды. Правильно запроектированные *отражатели улучшают качество звучания речи в зале: в передней присценной части зала* снижается гулкость и неразборчивость звучания речи, (т.к. уменьшаются запаздывания звуковых отражений —  $\downarrow \Delta t \leq \Delta t_{\text{н}}$ ); а *на удаленных рядах партера и балкона* усиливает-

тся громкость речи (т.к. здесь увеличиваются запаздывания звуковых отражений —  $\uparrow \Delta\tau \approx \Delta\tau_{н}$ ). Следует отметить, что отражатели малоэффективны для улучшения акустики музыкальных залов.

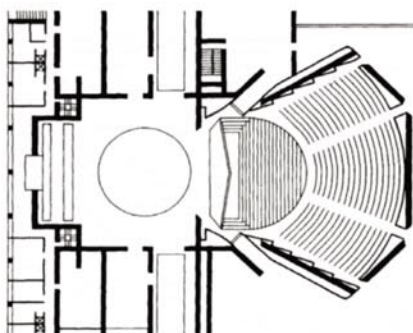


Рис. 2. Отражатели звука драматического театра в Алма-Ате

Отражатели устанавливаются *в двух вариантах* (см. рис. 1-2): *в присценной части* (при большой высоте и ширине зала) и *в виде скоса задней части боковых стен* (при большой длине зала и большой ширине задней стены).

– *Криволинейные поверхности в зале* — являются рассеивателями или концентраторами звука в зависимости от вида элемента — выпуклые или вогнутые.

*Выпуклые криволинейные элементы* (см. рис. 3) — эффективно рассеивают звук по всей зоне зрительских мест, способствуя равномерному звучанию в зале; резко уменьшают запаздывания звуковых отражений ( $\downarrow\downarrow\Delta\tau$ ); не способствуют эффективному усилению громкости речи на удаленных местах; *уменьшают гулкость и создают иллюзию звучания в зале меньшего объема и высоты.*



Рис. 3. Выпуклые криволинейные элементы в интерьере зала Метрополитен-Опера, Нью-Йорк

Акустический эффект от использования выпуклых элементов зависит от объема зала и его пропорций: *в больших высоких и широких залах акустика улучшается* — *уменьшается гулкость и неразборчивость речи, усиливается пространствен-*

ность и объемность звучания музыки ( $\Delta\tau \approx \Delta\tau_{н}$ ); в **небольших низких залах акустика ухудшается** — звучание музыки и речи становится более отрывистым и “сухим” ( $\Delta\tau \ll \Delta\tau_{н}$ ).

Выпуклые криволинейные элементы **целесообразно использовать** в **высоких и широких залах большого объема** — напр., при реконструкции старинных построек или в современных залах большой высоты.

Но **они нежелательны** в **современных низких залах небольшого объема**, т.к. могут вызвать отрицательный эффект — не улучшить акустику помещения (как это предписано в литературных источниках), а ухудшить её.

**Вогнутые криволинейные элементы** (см. рис. 4-5) — эффективно концентрируют звук и позволяют **существенно улучшить качество звучания речи и музыки на удаленных боковых местах партера и балконов: усиливается громкость звучания** (что очень важно для речи) за счет дополнительно поступающей сюда звуковой энергии, **уменьшается “сухость” звучания** (что очень важно для музыки) за счет увеличения запаздывания звуковых отражений и приближения их к нормативным величинам ( $\uparrow\uparrow\Delta\tau \approx \Delta\tau_{н}$ ). При соответствующем радиусе кривизны элементов, наличии балконов и других рассеивателей в зале угроза возникновения эха отсутствует.

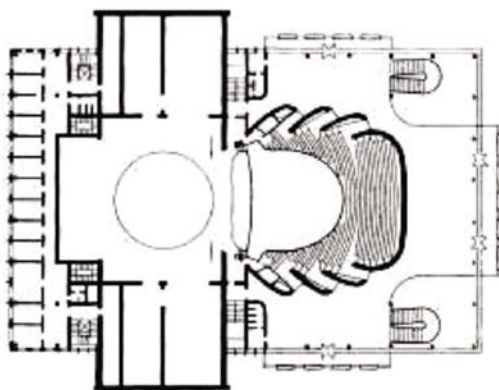


Рис. 4. Вогнутые криволинейные элементы стен театра музыкальной комедии в Хабаровске

Акустический эффект от вогнутых криволинейных элементов — **увеличение гулкости зала** — т.е. **создается иллюзия звучания в зале большего объема и высоты**.

Грамотно запроектированные вогнутые криволинейные элементы хорошо зарекомендовали себя не только в классических многоярусных театрах, но и в современных залах. На рис. 4 и 5 приведены примеры использования вогнутых криволинейных элементов в залах с хорошей акустикой.

Результаты проведенных исследований апробированы автором данной статьи на примере улучшения акустики актового зала (СШ № 4 в г. Ильичевске) при реконструкции его в театр и замене плоских поверхностей потолка на вогнутые криволинейные элементы. На рис. 6. представлены предложенные конфигурации вогнутых элементов потолка и структура звуковых отражений до и после реконструкции в театр актового зала СШ № 4 в г. Ильичевске.



Рис. 5. Вогнутые криволинейные элементы потолка  
Королевского фестивального зала в Лондоне

Принятые решения позволили существенно улучшить акустику будущего театра, т.к. на удаленные ряды партера и балкона направлены *дополнительные звуковые отражения с хорошими запаздываниями* (? ~7,7-9,5 м), вместо поступавших ранее в эту зону зала отражений со слишком короткими запаздываниями (? ~2,0-3,6 м).

**Выводы.** Полученные результаты проведенного анализа показывают, что ожидаемый акустический эффект от использования поверхностей различных конфигураций в зале не всегда совпадает с описываемым в литературе и существенно зависит от назначения помещения, его объема и пропорций:

– *Плоские поверхности в зале* — не способствуют созданию хорошей акустики помещений (даже для речи), и в таких помещениях целесообразно устанавливать *отражатели* (крупные плоские или слегка выпуклые поверхности) **в присценной части зала и на удаленных участках боковых стен**; но они **эффективны только в речевых залах**;

– *Выпуклые криволинейные элементы* — не всегда улучшают акустику помещения (хотя очень рекомендуются в литературе для использования в залах); они **более приемлемы для музыки и эффективны только в высоких больших залах** (напр., старинных построек);

– *Вогнутые криволинейные элементы* — не всегда ухудшают акустику помещения (хотя обычно не рекомендуются в литературе для использования в залах); они **способны существенно улучшить звучание музыки и речи в современных низких залах небольшого объема**.

Для обеспечения акустического комфорта в залах (как новых построек, так и при реконструкции существующих) при разработке архитектурных решений необходимо учитывать описанные выше акустические особенности плоских и криволинейных элементов в залах различных объемов и пропорций.

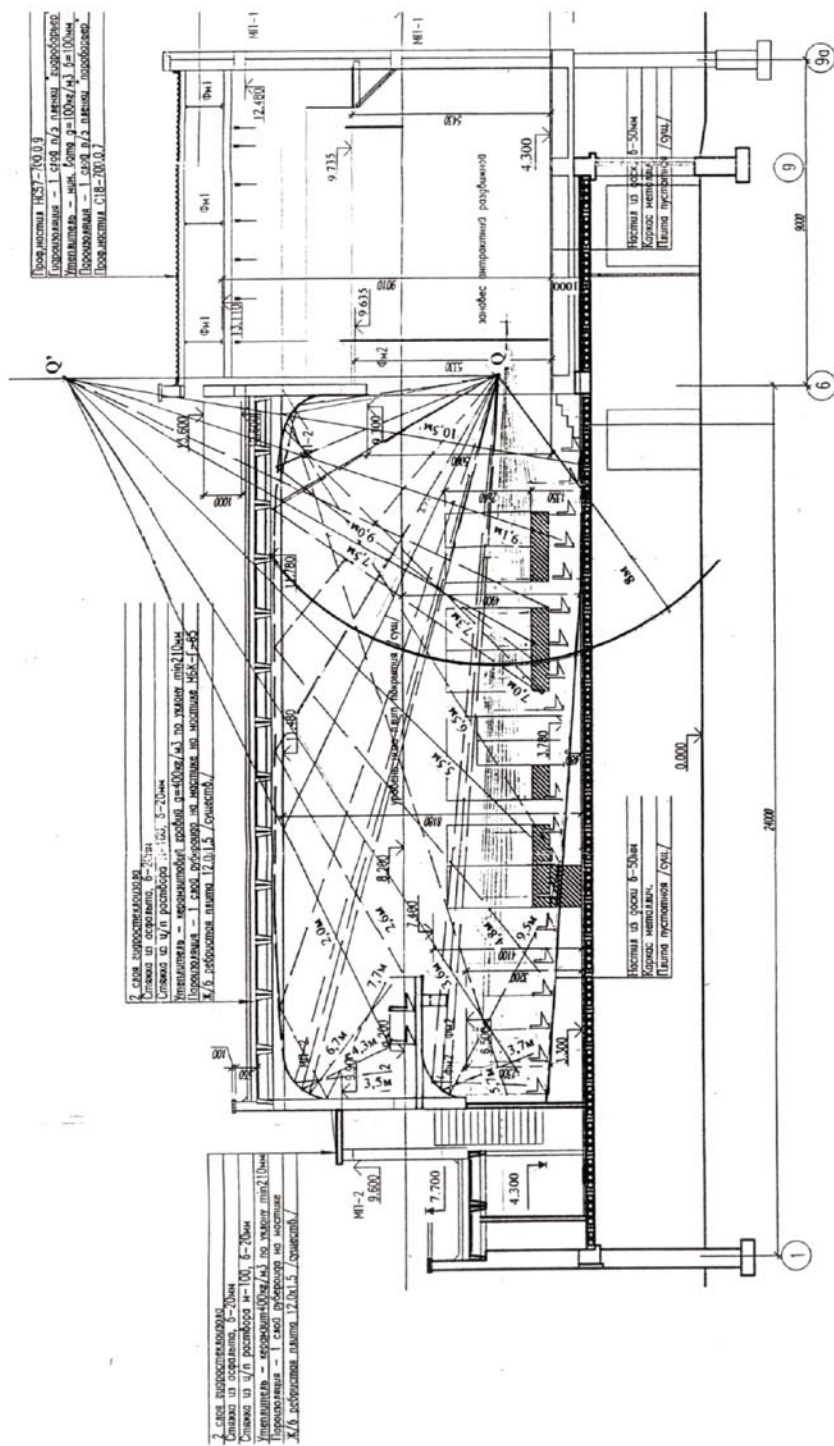


Рис. 6. Структура звуковых отражений на разрезе зала СШ № 4 в г. Ильичевске до и после реконструкции его в театр

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вітвицька С.В. Акустика залів: Навчальний посібник. — Одеса: Астропринт, 2002, 144 с.
2. Витвицкая Е.В. Акустика речевых залов и их архитектурное решение // Проблемы теории и истории архитектуры Украины. Сборник научных трудов. — Одеса: Астропринт, 2002. — В. 3. — С.131-133.
3. Архитектурная физика / Под ред. проф.Н.В.Оболенского. — М.: СИ, 1998.

УДК 72.0:681.3

*О. Н. Протопопова*

## К ВОПРОСУ О ВИРТУАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ СРЕДЕ И ДИГИТАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЕ

В двадцать первый век архитекторы вступили с новыми средствами для воплощения идей, реализация которых представлялась невозможной в прошлом столетии. Показательным в этом плане явилось Биеннале архитектуры в Венеции в 2000 г., курируемое итальянцем Массимилиано Фукасом, где были показаны виртуальные архитектурные миры наряду с реальными объектами. Грег Линн, Хани Рашид, Энн Лиз Кутюр и др. представили проекты, ориентированные на восприятие в ирреальной виртуальной среде.

Пятилетний срок в новом тысячелетии показал жизнеспособность этой тенденции. Хани Рашид, в частности, считает, что виртуальная архитектура "...использует цифровые технологии, чтобы расширить возможности реального пространства и времени. Обычная архитектура основана на постоянстве и неоспоримости принципов традиционной геометрии. В отличие от нее виртуальная базируется на изменении реальности и отображает текущие, трансформируемые геометрические формы. Важно отметить, что хотя большинство атрибутов виртуальной архитектуры кажутся далекими от практического строительства в его обычном понимании, в будущем два мира объединятся" [1].

Терминологически сегодня эта современная тенденция описывается различно, единства нет до сих пор, практически как синонимы используются понятия "виртуальная", "электронная", "дигитальная архитектура", "nurbs-архитектура" и пр. Термины нуждаются в пояснении.

"Virtual" (англ.) — 1. фактический, действительный; являющийся (чем-л.) по существу, реально (*а не формально*) . 2. такой, который может или должен проявляться, возникнуть и т.п. при определенных условиях, возможный.

"Digital" (англ.) — цифровой, числовой.

"NURBS, Non-Uniform Rational Bezier Splines" — аббревиатура: неоднородные рациональные сплайны Безье.

Неоднородный (Non-Uniform) означает, что различные области объектов NURBS (кривых или поверхностей) обладают различными свойствами (весами),