

## КОРРЕКЦИЯ АКУСТИКИ МУЗЫКАЛЬНОЙ КОМНАТЫ

КАЖДАЯ МУЗЫКАЛЬНАЯ КОМНАТА ИЛИ ДОМАШНИЙ КИНОТЕАТР НЕ ПОХОЖИ ДРУГ НА ДРУГА, КАК И САМИ ИХ ВЛАДЕЛЬЦЫ. АКУСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДОБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ НОСИТ ЯРКО ВЫРАЖЕННЫЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР. ЕСЛИ ВЫ РЕШИЛИ ПОСТРОИТЬ СОБСТВЕННУЮ МУЗЫКАЛЬНУЮ КОМНАТУ, ТО ЛУЧШЕ ВСЕГО ОБРАТИТЬСЯ К ИНЖЕНЕРУ-АКУСТИКУ. ТЕМ НЕ МЕНЕЕ, СУЩЕСТВУЮТ НАИБОЛЕЕ ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ АКУСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОМЕЩЕНИЙ, КОТОРЫЕ МОЖНО ПРИМЕНЯТЬ НА ПРАКТИКЕ САМОСТОЯТЕЛЬНО.

**АНДРЕЙ СМИРНОВ**

Несмотря на внешнюю простоту изложенных ниже рекомендаций, их выполнение может служить мощным инструментом для коррекции основных акустических дефектов помещения и получения, в конечном счете, удовольствия от прослушивания музыки в комнате с реалистичной и живой звуковой сценой.

**З**вук, который мы слышим в музыкальной комнате для прослушивания, определяется сложными взаимосвязями между расположением громкоговорителей, слуховой способностью и размещением слушателя, геометрией и акустическими условиями ограждающих поверхностей комнаты. Все эти факторы часто игнорируются, и основное внимание уделяется исключительно качеству громкоговорителей. Однако качество звучания громкоговорителей может значительно изменяться в зависимости от акустических условий комнаты, в которой они установлены. Именно поэтому одна и та же акустическая система по-разному звучит в разных помещениях.

### ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ АКУСТИКИ ПОМЕЩЕНИЙ

Существует две основные формы акустической обработки помещений — это поглощение и рассеивание звука.

**Звукопоглотители** могут быть подразделены на следующие группы:

- пористые материалы
- мембранные (панельные) поглотители
- конструкции с перфорированным покрытием.

Звукопоглощение **пористых материалов** обусловлено вязким трением при движении воздуха в узких каналах и порах, внутренним трением при деформации скелета материала, а также теплообменом между воздухом в порах и скелете. Пористые звукопоглощающие материалы обычно изготавливают в виде плит, которые крепят непосредственно к поверхности ограждения или на отnose. Наиболее популярны волокнистые поглощающие материалы, изготавливаемые из древесного волокна, минеральной ваты или стеклянного волокна на синтетическом связующем (AcousticWool, Ecophon, Heradesign, Rockwool, Isover и т.п.). Часто применяются плиты из акустического поролонa волнообразной или пирамидальной формы (Mappysil, Vicoustic, Auralex и т.п.).

Для пористых материалов характерно увеличение звукопоглощения с повышением частоты звука. Необходимо помнить, что при увеличении толщины или плотности пористого материала увеличивается его звукопоглощение на низких частотах.

Коэффициенты звукопоглощения для большинства пористых материалов на средних и высоких частотах составляют 0,5–0,95. Их используют в основном для улучшения акустических качеств в кинотеатрах, театрах, концертных залах, студиях, аудиториях. К пористым материалам относятся также драпировки и ковры, применяемые для увеличения общего звукопоглощения на средневисоких и высоких частотах.

**Панельные поглотители** являются достаточно популярным средством акустической обработки музыкальных комнат благодаря простоте конструкции и довольно высокому поглощению в области низких частот. Панельный поглотитель представляет собой жесткий каркас-резонатор с замкнутым объемом воздуха,

герметично закрытый гибкой и массивной панелью (мембраной). В качестве материала мембраны обычно применяют листы фанеры или MDF с наклеенным с внутренней стороны слоем вибродемпфирующего материала. Во внутреннее пространство каркаса помещается эффективный звукопоглощающий материал.

Звуковые колебания приводят в движение мембрану (панель) и присоединенный объем воздуха. При этом кинетическая энергия мембраны преобразуется в тепловую энергию за счет внутренних потерь в материале мембраны, а кинетическая энергия молекул воздуха преобразуется в тепловую энергию за счет вязкого трения в слое звукопоглотителя. Поэтому такой тип низкочастотного поглотителя называется конверсионным. Рассчитать резонансную частоту панельного поглотителя можно с помощью простого он-лайн калькулятора <http://www.acoustic.ua/forms/calculator6.html>.

**Конструкции с перфорированным покрытием** позволяют получить высокое поглощение звука в широком

диапазоне частот и применяются в помещениях различного назначения.

В общем случае конструкция поглотителя представляет собой деревянный каркас, смонтированный на поверхности стены или потолка. На каркасе закрепляется перфорированная панель из дерева, гипса или МДФ. Внутреннее пространство каркаса заполняется пористым звукопоглощающим материалом. Иногда вместо перфорированной панели применяется набор деревянных планок, между которыми оставляются зазоры. Такая конструкция называется резонатором Гельмгольца. Резонансная частота поглощения зависит от коэффициента перфорации (сечения деревянных планок), размера и формы отверстий, глубины каркаса и эффективности звукопоглощения пористого материала. Рассчитать резонансную частоту резонатора Гельмгольца можно с помощью он-лайн калькулятора <http://www.acoustic.ua/forms/calculator5.html>.

Большое преимущество перфорированных конструкций заключается в простоте их изготовления и монтажа, а также

**Accuphase**  
*enrich life through technology*



**E-560** CLASS-A INTEGRATED STEREO AMPLIFIER

**STAIRWAY**  
Sound Lab

+38 (050) 323-15-78 [info@stairway.com.ua](mailto:info@stairway.com.ua)  
+38 (050) 402-02-24 [www.stairway.com.ua](http://www.stairway.com.ua)



Диффузор Шредера



Диффузор Skyline



Угловой низкочастотный поглотитель



Резонатор Гельмгольца

РАССЕИВАНИЕ ЗВУКА В КОМНАТЕ ПРОСЛУШИВАНИЯ ИЛИ ДОМАШНЕМ КИНОТЕАТРЕ МОЖНО ОБЕСПЕЧИТЬ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТОВ ИНТЕРЬЕРА (ОТКРЫТЫЕ СТЕЛЛАЖИ, ПОЛКИ И Т. П.) ИЛИ ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ДИФФУЗОРОВ.

в хороших возможностях архитектурно-декоративного решения интерьера. Наиболее популярные перфорированные звукопоглощающие панели выпускаются под торговыми марками Knauf Cleaneo Acoustic, Danoline, Topakustik и т.п.

Принцип работы диффузора, рассеивающий звук, основан на изменении направления распространения звука в пространстве. Некоторые типы диффузоров изменяют и временные характеристики отраженной звуковой волны. При использовании диффузоров ранние отражения рассеиваются и, следовательно, приходят к слушателю с задержкой и с меньшей интенсивностью.

Цилиндрические и пирамидальные диффузоры просто «скашивают» звук таким образом, чтобы отраженный сигнал имел интенсивность меньше исходной.

Диффузоры типа Skyline эффективно перенаправляют звук преимущественно на высоких частотах.

Диффузоры Шредера, конструкция которых основана на математической последовательности квадратных вычетов из теории чисел, применяются для получения диффузного звукового поля в помещениях различного назначения. Фактически, диффузор Шредера представляет собой дифракционную решетку, которая рассеивает падающую на нее звуковую энергию в широком диапазоне частот, даже при большой величине угла падения. Диффузор Шредера состоит из серии ячеек различной глубины, выполненных в корпусе из дерева, MDF или других листовых материалов. На практике применяются двухмерные и одномерные конструкции диффузоров Шредера.

## ТИПОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ АКУСТИКИ МАЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Контролируя ранние отражения и применяя определенное количество звукопоглощающих материалов можно заставить звучать маленькую музыкальную комнату как большое полноценное помещение. Существует ряд приемов, которые можно использовать для коррекции акустики помещения и предотвращения появления нежелательных акустических дефектов.

Основные факторы, влияющие на степень акустического комфорта или вызывающие возникновение акустических

искажений в комнатах прослушивания и домашних кинотеатрах:

**Время реверберации (RT60)** — один из главных критериев, оценивающих акустическое качество помещения. В общем случае, снижение времени реверберации приводит к улучшению ясности речи и музыкальной артикуляции.

Уменьшение времени реверберации достигается применением в помещении звукопоглощающих покрытий стен, пола и потолка. Однако, при чрезмерно высоком звукопоглощении звучание может приобрести неприятный «ватный» оттенок, ведь человек интуитивно настроен на наличие природной реверберации и при ее недостатке начинает ощущать дискомфорт. Существуют специальные методики расчета необходимого количества звукопоглощающих материалов для музыкальных комнат и помещений домашних кинотеатров. Правильный баланс количества звукопоглощающих материалов обеспечивает высокую четкость и разборчивость речи, и, несомненно, улучшает качество звуковой сцены. Рекомендуемое значение времени реверберации для музыкальных комнат прослушивания составляет 0.45 с, для домашних кинотеатров это значение должно быть значительно меньше 0.2–0.25 с. Оптимальное значение времени реверберации напрямую зависит от объема помещения и рассчитывается по специальной формуле.

### СОВЕТ:

обеспечить оптимальное время реверберации (или регулировать его) в большинстве случаев позволяет монтаж в комнате подвесного звукопоглощающего потолка. В больших помещениях может потребоваться также использование звукопоглощающих стеновых панелей. В качестве элементов звукопоглощающей облицовки в музыкальных комнатах часто применяют акустические панели Ecophon, Knauf Acoustic или Heradesign. Стеновые поглотители можно выполнить самостоятельно в домашних условиях. Для этого на стене следует смонтировать деревянный каркас, заполнить его недорогой акустической минеральной ватой AcousticWool толщиной 50–100 мм и обтянуть каркас звукопрозрачной декоративной тканью.

**Комнатные моды** — влияние основных резонансов в помещении небольшого размера приводит к увеличению времени реверберации и к неравномерности амплитудно-частотной характеристики, которая в свою очередь часто приводит к окрашиванию звука. Проблемы возникают на низких частотах из-за сравнительно низкой плотности мод. Влияние комнатных резонансов выражается в низкой артикуляции на НЧ и «бубнению» звука фонограммы.

#### СОВЕТ:

поиск оптимального взаимного расположения АС и зоны прослушивания — самый простой и «недорогой» метод борьбы с комнатными модами. Практически ничего не стоит и позволяет достаточно эффективно уменьшать влияние комнатных резонансов в области низких частот. В общем случае, желательно избегать мест с минимальным и максимальным значением звукового давления.

Уменьшить влияние комнатных мод можно также с помощью низкочастотных панельных (мембранных) поглотителей, настроенных на частоту нежелательных резонансов. Располагают НЧ поглотители в углах комнаты, где звуковое давление комнатных мод максимально. Акустическую обработку типичной комнаты прямоугольной формы рекомендуется начинать с углов за фронтальными громкоговорителями. В тыловых углах комнаты (за спиной слушателя) можно смонтировать поглотители аналогичной конструкции, но возможно другого размера.

Довольно эффективно подавляют комнатные резонансы низкодобротные угловые поглотители. Их конструкция очень проста. Плиты из минеральной ваты высокой плотности общей толщиной 100—200 мм размещают в углах комнаты вплотную к фронтальной стене или под углом 45 градусов. Поглотитель монтируют в деревянном каркасе на всю высоту помещения. Для предотвращения эмиссии базальтовых волокон каркас обшивается звукопрозрачной декоративной тканью.

Эффективным методом борьбы с комнатными резонансами является монтаж дополнительных облицовок стен и потолка по гипсокартонной технологии Кнауф.

Такие облицовки должны быть выполнены правильно и смонтированы с помощью специальных эластичных креплений типа Vibrofix с низкой резонансной частотой (6—15 Гц). Чтобы исключить дребезг конструкции и нежелательное переизлучение звука рекомендуется использовать каркас из деревянного бруса и применять в составе облицовки между слоями гипсокартона демпфирующие слои (листы фанеры, вязкоэластичные мембраны и т.п.). Этот метод достаточно эффективен и широко применяется в практике студийного строительства.

**SBIR-эффект** (Speaker Boundary Interference Response) — когерентное взаимодействие между прямым звуком и отражениями от ближних границ комнаты (не зависит от взаимного расположения громкоговорителей и слушателя). Частоты, на которых возникает нежелательное акустическое взаимодействие, пропорциональны расстоянию от громкоговорителей до стен помещения и, в основном, расположены в диапазоне 50—250 Гц.

#### СОВЕТ:

бороться со SBIR-эффектом можно с помощью панельных поглотителей или резонаторов Гельмгольца. В этом случае поглотители размещают на участках стен, ближайших к месторасположению громкоговорителей. В случае необходимости поглотители монтируются на потолке непосредственно над акустическими системами.

**Гребенчатая фильтрация** — когерентная деструктивная интерференция между прямым звуком и ранними отражениями от стен, пола и потолка (зависит от взаимного расположения громкоговорителей и слушателя). При этом возникают периодические глубокие провалы или пики в частотной характеристике в диапазоне 250—600 Гц. Гребенчатая фильтрация приводит к тому, что из сигнала, доходящего до зрителя, исчезает полезная информация в целом наборе информационно-значимых частотных полос, что сильно искажает тональный баланс исходной фонограммы.

Определить расположение площадок первых отражений на боковых стенах не сложно. Попросите кого-нибудь из ваших

друзей взять зеркало и пройти вдоль боковых стен. Если, сидя в кресле, вы можете видеть в зеркале отражение громкоговорителей, это и есть площадка первого отражения. Кроме того, можно воспользоваться специальным калькулятором для расчета расположения площадок первых отражений <http://www.acoustic.ua/forms/calculator4.html>.

#### СОВЕТ:

чтобы уменьшить влияние эффекта гребенчатой фильтрации рекомендуется смонтировать на площадках ранних отражений панели на основе пористых звукопоглощающих материалов (минеральная вата или акустический поролон) или звуко-рассеивающие конструкции (диффузоры). Очень эффективно для этих целей применение перфорированных гипсовых панелей Knauf Acoustic или панелей Torakustik из перфорированного МДФ с натуральным шпоном. Эти панели поглощают средние частоты и отражают высокие. Таким образом, комната остается «живой» и не переглушенной.

**Порхающее эхо** — многократные отражения звука между двумя параллельными поверхностями стен, пола и потолка в плоскости расположения АС

**ACOUSTIC**  
MATERIALS & TECHNOLOGIES



## Звукоизоляция и акустика помещений

Проектирование | Измерения | Материалы | Работы

ООО „Акустические материалы и технологии“

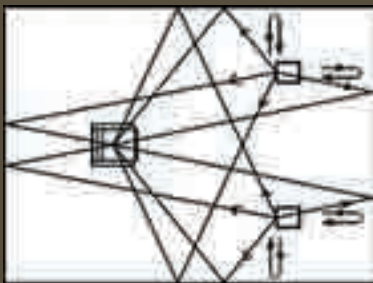
Киев, ул. Гайцана, 8/9, к. 14

Тел. 044 280 94 09, 044 280 35 19

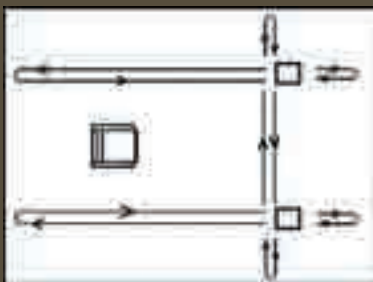
kiev@acoustic.ua

[www.acoustic.ua](http://www.acoustic.ua)

ПРАВИЛЬНАЯ  
ИНСТАЛЛЯЦИЯ  
АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
ПРЕИМУЩЕСТВЕННО  
ОТВЕЧАЕТ  
ЗА ФОРМИРОВАНИЕ  
МАКСИМАЛЬНО  
АДЕКВАТНОЙ ЗВУКОВОЙ  
СТЕРЕОСЦЕНЫ,  
В ТО ВРЕМЯ, КАК  
АКУСТИЧЕСКАЯ  
ПОДГОТОВКА КОМНАТЫ  
ПРОСЛУШИВАНИЯ  
ПОЗВОЛЯЕТ ПОЛУЧИТЬ  
МАКСИМАЛЬНО  
ВОЗМОЖНОЕ ДЛЯ  
ДАННОГО КОМПЛЕКТА  
ОБОРУДОВАНИЯ  
КАЧЕСТВО ЗВУКА.  
ИМЕННО ЭТА ЧАСТЬ  
ИНСТАЛЛЯЦИИ  
НАПРАВЛЕНА,  
В ЧАСТНОСТИ, НА БОРЬБУ  
С ТАКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ,  
КАК ПОРХАЮЩЕЕ ЭХО  
И SBIR-ЭФФЕКТ.



SBIR-эффект и площадки ранних отражений



Возникновение порхающего эха

(напоминает отражения в двух зеркалах, расположенных напротив друг друга). Возникновение эффекта порхающего эха придает неприятный жесткий, металлический характер звучанию верхних средних и высоких частот.

## СОВЕТ:

порхающее эхо легко устранить. Достаточно разместить на плоскопараллельных поверхностях звукопоглощающие материалы или смонтировать акустические диффузоры (в плоскости размещения АС). В качестве звукопоглощающего материала можно использовать ковер, повешенный на стену, палас на полу (если эхо возникает из-за отражений между полом и потолком), шторы на окне или специальные панели из акустической минеральной ваты. Порхающее эхо также исчезнет, если на боковых стенах смонтировать непараллельные облицовки, например, по гипсокартонной технологии.

## ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**Отражение звука тыловой стеной.** Независимо от того, установлен ли в вашей комнате домашний кинотеатр или стереосистема, желательно, чтобы стена, находящаяся за головой слушателя, диффузно отражала звуковые волны. С этой задачей хорошо справляются диффузоры Шредера или полицилиндрические звуко-рассеивающие конструкции из фанеры или ДВП. Можно также использовать обычные элементы интерьера: книжные полки или открытые стеллажи для книг, CD-дисков или виниловых пластинок.

### Обработка фронтальной стены.

В данном случае очень многое зависит от назначения комнаты и ее размеров. В общем случае, не следует оставлять переднюю стену акустически необработанной. В музыкальных комнатах и помещениях домашних кинотеатров целесообразно размещать на фронтальной стене широкополосные звукопоглощающие конструкции, это поможет устранить нежелательные отражения и сфокусировать звуковую сцену. Очень часто бывает достаточно просто повесить штору из тяжелой ткани.

**Обработка окон.** Оконное стекло может стать настоящей проблемой. Необходимо запомнить две вещи, касающиеся

окон. Во-первых, оконное стекло хорошо переизлучает звуковые волны. Если его не задрапировать шторой или не повесить на окно жалюзи, оно может стать причиной интенсивных отражений, которые в комнате для прослушивания крайне нежелательны. Во-вторых, оконное стекло пропускает низкие частоты, что делает звук «тощим» и «хилым». В любом случае, влияние окон на акустику помещения, как правило, негативно. Рекомендуется, по возможности, избегать комнат с большими окнами. Если все-таки у вас такая комната, возможно, для соблюдения баланса придется приобрести отдельный сабвуфер, даже если ваши фронтальные АС отличаются очень хорошей низкочастотной характеристикой. Хороший результат дает применение массивных ставней из натурального дерева, ДСП или МДФ.

**Пространство между фронтальными громкоговорителями.** По возможности старайтесь оставлять это пространство свободным. Для улучшения качества звучания стереосистемы стойку для аппаратуры, телевизор, и элементы интерьера постарайтесь размещать подальше от этой критической области, например, вдоль боковой стены. Если без стойки для аппаратуры у фронтальной стены не обойтись, постарайтесь выбрать модель с наименьшей высотой. Усилители можно разместить на специальных подставках на полу. В специализированной музыкальной комнате размещение телевизора или плазменной панели между фронтальными АС крайне нежелательно.

**Пол.** В качестве финишного покрытия пола, особенно для 2-канальной стереосистемы, очень хорошо подойдут твердые поверхности паркета, паркетной доски или толстого ламината. В случае применения паркетной доски рекомендуется использовать тонкую (2–3 мм) подложку из химически сшитого полиэтилена. Обычно хорошо влияет на акустику помещения деревянный пол, тогда как пол, облицованный плиткой или камнем, может вызвать ряд проблем. Между зоной прослушивания и фронтальными громкоговорителями на пол с твердой поверхностью рекомендуется уложить небольшой ковер. Он поможет снизить интенсивность отраженного звука. Сплошное ковровое покрытие хорошо подходит для домашнего кинотеатра, но для 2-канальной стереосистемы его необходимо применять с осторожностью.

Если вы остановили свой выбор на ковролине, постарайтесь найти покрытие с коротким ворсом.

**Журнальный столик.** Традиционное расположение журнального столика между зоной прослушивания и фронтальными АС однозначно противопоказано. Конечно, такой столик довольно удобен, но он резко негативно влияет на качество звука. Если без этого аксессуара никак не обойтись, расположите небольшой приставной столик слева или справа от дивана.

**Двери.** Для того чтобы двери имели высокую звукоизоляцию и не допускали «утечки» низких частот, необходимо чтобы в состоянии «дверь закрыта» были исключены все щели и неплотности в прилегании дверного полотна к коробке. Дверное полотно должно быть массивным, с поверхностной плотностью 35–40 кг/м<sup>2</sup>. Лучше всего для этих целей подходят двери из массива твердых пород дерева или многослойные с чередованием жестких звукоизоляционных и мягких звукопоглощающих слоев. Для этого коробка обязательно должна иметь порог и уплотняющую прокладку по всем притворам. В качестве прокладки лучше всего использовать профильные резиновые уплотнители, имеющие

сечение в виде буквы «D». Разница в звукоизоляции двери с порогом и без него достигает 10–15 дБ.

**Звукоизоляция.** Надлежащий акустический дизайн подразумевает проведение профессиональных мероприятий по звукоизоляции музыкальной комнаты или помещения домашнего кинотеатра. Очень важно не допустить проникновения внешнего шума в музыкальное помещение. Например, шум от громких соседей может быть очень раздражающим. Особенно это заметно при воспроизведении «тихих» участков музыкальной фонограммы. Возможно, вы захотите, чтобы музыка, звучащая в комнате, не была слышна вашим соседям. Психоакустические исследования показывают, что только 2% людей могут спокойно слушать громкую музыку, если они точно знают, что этим мешают своим соседям.

Создать идеальные условия восприятия фонограммы по всей площади музыкальной комнаты или домашнего кинотеатра практически невозможно, но обеспечить приемлемые условия в определенной зоне прослушивания для заданного количества зрителей является одной из основных задач акустического проектирования помещений.



# Contrast

*Классика звука*

## Black Moon

### Серия Royal



Звучание, которое  
заставляет жить

Отдел продаж:  
533-28-69

Приглашаем к сотрудничеству  
региональных дилеров

[www.contrast.com.ua](http://www.contrast.com.ua)