

АКУСТИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН

Часть 1

> В погоне за хирургически точным и максимально правдивым звуком многие бейтм-продюсеры и музыканты-любители отдают кругленькие суммы за самые передовые и технологичные мониторинговые системы. Многие, однако, ждет разочарование — акустика помещения играет не менее, а зачастую даже более важную роль в достижении неприукрашенного звучания.

Являясь конечным звеном в любом сигнальном тракте, помещение накладывает неизгладимый отпечаток на то, что покидает мембрану громкоговорителя. К сожалению, ни навороченные мониторы, ни дорогостоящие кабели, ни прецизионные конвертеры и т. д. не способны так повлиять на качество звучания любой системы, как акустически подготовленное помещение.

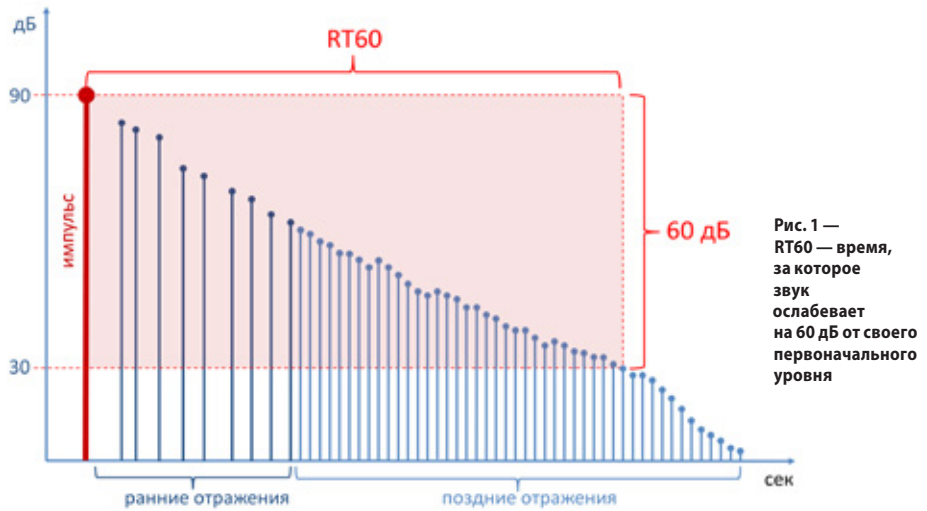
Зачастую именно в акустике помещения кроется причина разочарования, постигающего тех, кто, послушав новые мониторы у себя дома, были вынуждены отметить, что в магазине они звучали гораздо лучше. Это не удивительно — ведь, как правило, такие магазины имеют специально подготовленные помещения с акустической обработкой.

В этой статье мы познакомимся с различными фазами акустического дизайна — от этапа сбора и анализа информации до оформления рабочей концепции и ее реализации. Кроме того, мы озвучим типичные проблемы и поговорим о различных методах достижения поставленных целей.

В следующей статье мы на практическом примере разберем проект акустического дизайна студии Олега Ершова — талантливого звукорежиссера, музыканта и просто позитивного и инициативного человека, с которым мне посчастливилось работать.

Типичные акустические проблемы в малых помещениях

Акустические проблемы типичных помещений, в которых располагаются домашние студии можно разделить на три категории



Время реверберации

Время, необходимое акустическому импульсу, чтобы его энергия угасла до определенного значения. Как правило, здесь используется параметр RT60, характеризующий время, за которое звук ослабевает на 60 дБ от своего первоначального уровня. Значение RT60 во многом зависит от количества отражающих поверхностей в помещении, которые препятствуют быстрому угасанию акустической энергии, продлевая тем самым время реверберации.

Похлопайте в ладоши в пустой комнате и в комнате, заставленной мебелью, — во втором случае время реверберации будет короче, чем в первом.

Повышенное время реверберации (более 0,6–0,8 с) может существенно размыть детальность воспроизведения и не лучшим образом сказаться на объективности оценки отдельных элементов микса. Попробуйте выстроить баланс ударной установки в ванной комнате — и вы поймете, о чем речь!

С другой стороны, чрезвычайно короткое время реверберации (менее 0,2 с) делает работу в таком помещении некомфортной и приводит к быстрому утомлению. Кроме того, вы рискуете перенасытить миксы искусственной реверберацией, компенсируя недостаток естественной.

Резонанс или стоячие волны aka моды

Стоячие волны определяют акустические свойства помещения в низкочастотном диапазоне — именно они несут ответственность за гул, бубнеж на определенных басовых нотах или же, наоборот, за отсутствие необходимой энергии в этом диапазоне.

Причиной возникновения резонанса является эффект отражения акустической волны от противоположных поверхностей помещения — стен, пола и потолка. При этом

физические размеры и габариты помещения, то есть расстояние между ограничивающими его поверхностями, будь то ширина, длина или высота помещения, будут определять частоту, на которой помещение резонирует в одной из плоскостей.

Основная проблема стоячих волн состоит в том, что на одной и той же частоте в помещении образуются зоны различного давления — в одних местах повышенного (пучности), в других — пониженного (узлы). Это, в свою очередь, приводит к неоднородному звучанию одной и той же частоты в разных точках помещения. Разброс этих зон зависит от частоты фундаментальной резонирующей волны и ее гармоник.

На практике это выражается в том, что в зоне повышенного давления резонирующие частоты (фундаментальная и ее первые две-три гармоники) звучат гораздо более выраженно и доминантно — громче и дольше, чем должны. А в зонах пониженного давления все с точностью до наоборот — даже если акустическая система воспроизводит данную частоту корректно, она все равно остается практически неслышимой. Именно поэтому многие любительские миксы страдают от чрезмерного или, наоборот, недостаточного уровня баса и бочки.



Рис. 2 — Зоны повышенного и пониженного давления в комнате (пучности и узлы)

В этих зонах мы слышим не так, как должны были бы слышать, если бы помещение на этих частотах не резонировало. То есть, находясь в этих зонах, мы не можем положиться на свой слух, поскольку слышим искаженную картину, что, несомненно, является далекой от оптимальной ситуацией.

Чуть дальше мы более подробно расскажем о том, как определить частоты стоячих волн и как с ними бороться.

Ранние отражения

Ранними (первичными) отражениями называют акустическую волну, отраженную от одной или максимум двух поверхностей помещения. Основная проблема здесь следующая: прежде чем достигнуть зоны прослушивания, отраженные волны проходят несколько больший путь по сравнению с прямым, неотраженным сигналом (см. рисунок 3). Большой путь означает большее время прохождения, так как скорость звука остается при этом неизменной. В результате отраженный сигнал несколько запаздывает, то есть его фазовые характеристики в зоне прослушивания будут отличаться от фазовых характеристик прямого сигнала.

В зоне прослушивания прямой и отраженный звук взаимодействуют друг с другом. В процессе их акустического суммирования в частотном спектре возникают конструктивные и деструктивные интерференции, приводящие к частотным искажениям. Это явление более известно как «эффект гребенчатого фильтра» (comb filtering), когда определенные частоты в спектре существенно ослаблены или даже вовсе исчезают в силу полной деструктивной интерференции. Этот эффект может привести к серьезной окраске и/или существенной деградации звукового события.

Вышеперечисленные проблемы — основная причина страданий музыкантов-энтузиастов по всему миру. Сосредоточив свое внимание на их устранении, вы уже сможете добиться адекватного уровня мониторинга и существенно улучшить свои миксы.

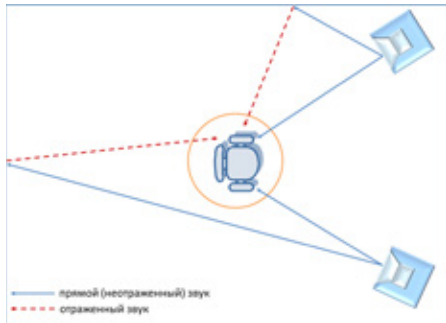


Рис. 3 — Путь прохождения прямого и отраженного сигналов

Подготовительная фаза — сбор информации

Так же, как хороший хирург не начнет проводить операцию, не ознакомившись с общим состоянием здоровья пациента и не выяснив истинной причины недуга, так и акустический дизайнер не приступает к работе, не познакомившись поближе с помещением и его индивидуальными особенностями

На данном этапе речь идет о сборе необходимой информации:

- > геометрическая форма (прямоугольная, квадратная, Г-образная)
- > объем помещения
- > габариты (длина, ширина, высота)
- > площадь отдельных поверхностей помещения (стены, пол, потолок) и их сумма
- > материалы, из которых они изготовлены

На последующем этапе, располагая этими данными, можно будет сделать определенные заключения (прогноз), которые зачастую оказываются весьма реалистичными. В идеальном случае впоследствии также производят ряд акустических измерений, проанализировав которые можно подтвердить или опровергнуть выдвинутые ранее предположения.

Также на подготовительной фазе следует задуматься о наиболее благоприятном месторасположении громкоговорителей и зоны прослушивания в помещении. Это может сыграть важную роль в интенсивности коррекции акустики помещения, что обычно также сказывается на вытекающих из этого материальных затратах.

В большинстве помещений прямоугольной формы громкоговорители следует располагать вдоль короткой стены на некотором удалении от нее (50–70 см), а зону прослушивания — на расстоянии около 40% от общей длины помещения по центральной продольной оси (см. рисунок 4).

При этом следует обратить внимание на акустическую симметрию помещения. Это означает, что не стоит выбирать зону прослушивания, по правую руку от которой находится большое окно, а по левую — стену, на которой висит ковер. Сильно отличающиеся акустические свойства этих поверхностей только прибавят проблем, которые мы на этом этапе, наоборот, пытаемся свести к минимуму.

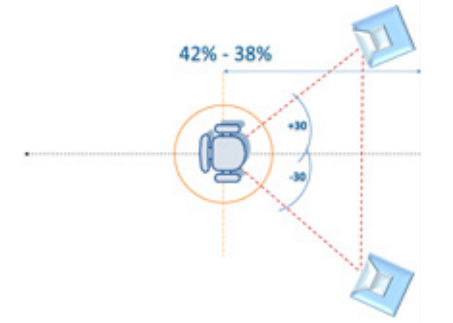


Рис. 4 — Расположение АС и точки прослушивания в прямоугольной комнате

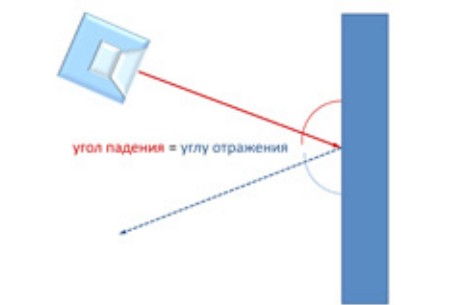


Рис. 5 — Поведение высокочастотных звуковых волн схоже с поведением света

Прогнозирование

Мы знаем, как распространяются звуковые волны в закрытых пространствах, поэтому не сложно предсказать их поведение в конкретно взятом помещении. В низкочастотном диапазоне это поведение определяется преимущественно габаритами помещения, — именно они влияют на характеристики резонансов (мод) на определенных частотах. При увеличении частоты поведение звуковых волн становится схожим с поведением волн света, то есть носит скорее лучевой характер, когда угол отражения волны от отражающей поверхности равен углу ее падения (см. рисунок 5).

Это свойство нам еще не раз пригодится при определении зон первичных отражений от различных поверхностей помещения, о чем мы поговорим позже.

Модальный анализ

Для прогнозирования поведения звука в низкочастотном диапазоне часто прибегают к модальному анализу. Он позволяет с высокой долей вероятности предсказать проблемные частоты (стоячие волны или, как их еще называют, моды) и места их образования в помещении. В процессе такого анализа определяются частоты, которые в силу длины их волны будут резонировать в данном помещении в той или иной плоскости (длина, ширина, высота).

Чтобы высчитать наиважнейшие моды (аксиальные), вам понадобится произвести простейшие вычисления, а именно разделить скорость звука на длину, ширину и высоту вашего помещения и полученные результаты разделить еще раз на 2. Так, например, в помещении, имеющем длину 5,5 м, первая мода в этой плоскости появится на частоте $(344/5,5)/2 = 31$ Гц. Однако это будет только фундаментальная частота, на которой помещение резонирует в данной плоскости. Ее гармоники также играют важную роль

и будут резонировать на частоте 62 Гц (31×2), 93 Гц (31×3), 124 Гц (31×4) и так далее.

При этом огромное значение имеет месторасположение слушателя в помещении. Так, например, фундаментальная частота 31 Гц будет иметь максимальное давление вблизи задней и фронтальной стены и минимальное в центре помещения (см. схему 2). Находясь в одной из этих точек, вы, соответственно, будете слышать либо слишком много энергии на частоте 31 Гц, либо слишком мало, по сравнению с оригинальным сигналом, покинувшим мембрану вашей акустической системы. Совсем другая картина вырисовывается на частоте 62 Гц, где зоны различного давления распределяются уже совсем иначе — с максимальным давлением вблизи стен и в центре комнаты и минимальным на отметке 25 и 75% от общей длины помещения. И так далее. При этом не стоит забывать, что это была только одна плоскость (длина помещения). То же самое следует проделать с шириной и высотой.

Имеет смысл проводить модальный анализ в частотном диапазоне до 250–300 Гц, выше которого звуковые волны ведут себя уже иначе и не подчиняются вышеописанным принципам. Однако именно этот диапазон представляет для нас особый интерес, поскольку содержит фундаментальные частоты практически всех инструментов и вокала, как мужского, так и женского. Грубые погрешности в его воспроизведении могут сильно повлиять на качество вашей работы при прослушивании материала в других условиях. Особенно это касается саббаса — различия по уровню в этом диапазоне могут достигать 10–15 дБ.

Однако существует и опытный способ. Вы можете воспользоваться своими ушами. Это, конечно, требует опыта и некоторых способностей, но вполне реализуемо после некоторой тренировки. Внимательно прослушивая хорошо знакомый вам материал и передвигаясь в помещении, вы можете сами выявить зоны повышенного и пониженного давления, перепроверив еще раз правильность прогноза.

Оценка времени реверберации

Располагая информацией о габаритах помещения, его объеме и материалах поверхностей,

ПОЛЕЗНЫЙ СОВЕТ

>Расчет аксиальных мод

В сети можно найти множество онлайн-калькуляторов (к примеру, bit.ly/FMRCALC), которые упростят вычисление аксиальных мод и наглядно покажут результаты.

можно предварительно оценить время реверберации RT60. В этом нам поможет формула Сабина, выдающая довольно близкие к действительности значения, во всяком случае, если комната пустая, а не заставлена случайной мебелью и другими предметами обихода. Этой же формулой мы будем пользоваться для расчета количества необходимого поглощающего материала (его площади).

$$RT60 = 0,161 \frac{V}{\alpha \times S}$$

Нам понадобится информация, которую мы уже собрали на предыдущем этапе, а именно объем помещения (V), площадь отдельных его поверхностей (S) и коэффициент поглощения (α), характеризующий от 0 (0% поглощения, т. е. полное отражение) до 1 (100% поглощение) способность того или иного материала поглощать акустическую энергию на определенной частоте.

Последний мы можем вывести из свойств материала, из которого изготовлена та или иная поверхность помещения. Очевидно, что бетонная стена и деревянный пол имеют различные коэффициенты поглощения и, соответственно, по-разному взаимодействуют со звуком.

Наибольший интерес для нас представляет, однако, не общее время затухания акустической энергии, а его распределение в отдельных частотных диапазонах. Хотя формула Сабина поможет нам получить и эту информацию, процесс вычислений становится более трудоемким и поэтому здесь лучше прибегнуть по возможности к акустическим измерениям, речь о которых пойдет несколько позже.

Ранние (первичные) отражения

Звук, отраженный от какой-либо поверхности (стена, потолок, пол или даже столешница) и перенаправленный в зону прослушивания, представляет для нас потенциальную опасность. Как

мы уже говорили ранее, при взаимодействии с прямым сигналом (не отраженным), прошедшим более короткий путь, ранние отражения вызывают фазовые конфликты, которые, в свою очередь, приводят к возникновению эффекта гребенчатого фильтра, — узкодиапазонные провалы в амплитудно-частотной характеристике, существенно искажающие оригинальное звучание.

Поскольку разница в пройденном расстоянии в малых помещениях остается мизерной, то фазовые сдвиги и искажения возникают только в средне- и высокочастотном диапазоне, где волны имеют относительно короткую длину.

К примеру, представьте, что отраженному от ближайшей поверхности звуку придется преодолеть на 35 см большее расстояние, чем прямо, чтобы достигнуть ваших ушей. Тридцать пять сантиметров, или 0,001 с (1 миллисекунда), если выразить это во временном эквиваленте, кажется совсем немного и даже безобидно. Однако 35 см для различных частот могут иметь совершенно разные последствия. На низких частотах, где длины волн измеряются в метрах (40 Гц = 8,6 м), лишние 35 см не сыграют особой роли в фазе отраженной волны. А вот на частоте, скажем 2,5 кГц, длина волны которой составляет 14 см, лишние 35 см означают дополнительные 2,5 цикла (35/14 = 2,5). То есть отраженная волна придет с задержкой на ту же 1 миллисекунду, но уже в противофазе. При взаимодействии в зоне прослушивания прямой и отраженной волны на этой частоте возникнет конфликт, образуя провал в амплитуде воспринимаемого нами звука.

Определение зон первичных отражений

Как мы уже говорили, звуковые волны в высокочастотном диапазоне распространяются схоже со световыми. Поэтому для определения зон первичных (ранних) отражений на различных поверхностях помещения можно прибегнуть к простому, но эффективному методу.

Для этого вам понадобится зеркало и терпеливый ассистент. Расположившись в центре зоны прослушивания, попросите вашего ассистента прислонить к одной из боковых стен (скажем, к *правой*) зеркало на уровне высоты ваших глаз и передвигать его вдоль стены до тех пор, пока вы не увидите в нем отражение вашего *левого* монитора. Ваш ассистент должен продолжать перемещать зеркало по стене во всех направлениях (вверх-вниз, вправо-влево) до тех пор, пока отражение монитора не исчезнет из зеркала. Отметьте на стене зону, в которой вы могли видеть в зеркале отражение монитора, — это и есть зона, от которой в первую очередь будут отражаться звуковые волны, покидающие мембрану данного громкоговорителя, и перенаправляться в зону прослушивания (чего мы хотим избежать или предотвратить).

Теперь проделайте то же самое, только на этот раз вы должны увидеть в зеркале отражение вашего *правого* монитора. Этот процесс следует повторить для всех поверхностей в помещении (как минимум для боковых стен и потолка).

Эти зоны ни в коем случае нельзя оставлять нетронутыми. Основная задача — не допустить попадания ранних отражений в зону прослушивания. Этого можно добиться различными способами: поглощением, рассеиванием, преломлением или их комбинацией. В большинстве случаев, чтобы избавиться от негативного влияния ранних отражений, оказывается достаточно снизить их амплитуду на 20 дБ, а не полностью их подавить.

Акустические измерения

Поскольку прогноз остается прогнозом, и мы хотим убедиться, что он адекватно отражает действительность в данном конкретном помещении, следует провести ряд акустических измерений.

Акустическое измерение характеристик помещения представляет собой своего рода рентгеновский снимок, на котором видны его неочевидные недостатки. Так, например, посредством анализа измерения можно установить такие важные характеристики, как фактическое время затухания звука в помещении и его спектральное распределение, влияние ранних отражений на частотную и фазовую характеристики, а также извлечь множество другой полезной информации, которая подтвердит или опровергнет предположения, сделанные на этапе прогнозирования. Сам процесс проведения измерения и необходимое для этого оборудование выходят за рамки данной статьи. Более подробно ознакомиться с этой темой вы можете в соответствующем видео на Youtube-канале моего проекта YourSoundPath.

Стоит отметить, что измерение отражает действительность лишь в той точке в помещении, в которой оно было произведено. Поэтому для детального и полноценного анализа необходимо произвести несколько измерений в различных местах в помещении.

Анализ информации и разработка рабочей концепции

Проанализировав должным образом ситуацию в помещении, на данном этапе можно перейти к разработке рабочей концепции, представляющей собой основу, на которой будет базироваться акустическая оптимизация данного помещения. В рамках рабочей концепции описываются проблемы, ставятся цели и обдумываются способы их достижения

Сопоставив данные модального анализа с результатами акустических измерений и/или опытного метода, вы определите частоты стоячих волн и их распределение в помещении. Снизить их влияние можно либо правильно выбрав месторасположение акустических систем и зоны прослушивания в помещении, где влияние мод сводится к минимуму, либо нужно бороться с последствиями их существования нижеописанными методами.

Существенных усилий обычно стоит снижение общего времени реверберации в целом и в низкочастотном диапазоне, в частности, с 1,2–1,6 секунды (типичные значения для малых комнат в жилых помещениях) до 0,2–0,4 сек., рекомендуемых ITU (международный союз электросвязи) и EBU (европейский вещательный союз).

Ранние отражения от близлежащих стен и потолка также могут вызвать существенные искажения в среднем и высокочастотном диапазоне и стать причиной снижения детальности звучания и точности локализации отдельных инструментов в миксе. В результате вам будет гораздо сложнее разместить отдельные инструменты в стереополе, а фазовые конфликты между отраженным и прямым сигналом усложнят вам жизнь при эквализации отдельных дорожек и всего микса в целом. Но обо всем по порядку.

Инструменты воздействия

Инструменты воздействия в арсенале акустического дизайнера можно грубо разделить на три категории: поглощение, преломление и рассе-

ивание. То есть акустическую энергию можно либо удалить из помещения, трансформировав ее в тепло, либо перенаправить ее в другую область, либо перераспределить ее концентрацию в помещении.

Других инструментов для воздействия у акустика нет. Кому-то этот набор может показаться скудным, но при умелом использовании и грамотном комбинировании он может коренным образом изменить звучание помещения.

При разработке рабочей концепции необходимо определить тип воздействия, необходимый его объем и месторасположение всего этого в помещении (ТОМ).

Тип (ТОМ)

При определении типа воздействия (поглощение, преломление или рассеивание) следует руководствоваться поставленными задачами. Некоторые методы могут быть чрезвычайно эффективными для решения одной задачи и одновременно абсолютно бесполезными для решения другой. Более того, иногда неправильно выбранный метод не только не принесет желаемого эффекта, но даже может усугубить ситуацию.

Так, например, для снижения общего времени реверберации в помещении нам не обойтись без широкодиапазонного *поглощения* (см. рисунок 7). Рассеивание или преломление здесь никак не поможет, поскольку нам нужно удалить часть лишней акустической энергии из помещения, а не перераспределить ее.

Для борьбы с резонансами (модами) иногда приходится обращаться к несколько другой методике поглощения — резонативного действия — более эффективной в низкочастотном диапазоне, чем пористые поглотители. Чрезмерное использование последних, к слову, может сделать ваше помещение безжизненным и даже некомфортным для длительной работы.

Резонативные поглотители работают по принципу «клин клином вышибают», поскольку так же, как и стоячие волны, используют определенные габариты, только в этом случае не помещения, а самой их конструкции. Такие поглотители (их еще называют басовыми ловушками) специально конструируют и настраивают на определенную частоту, которая резонирует в их корпусе. А поглощающий материал, которым они заполнены, позволяет эффективно гасить энергию «пойманной» волны и тем самым успешно бороться со стоячими волнами.

Применив *рассеивание* (см. рисунок 8) для снижения интенсивности ранних отражений, мы можем сохранить важную содержащуюся в них информацию, которая была бы потеряна при использовании поглощения, предотвратив при этом возникновение эффекта гребенчатого фильтра, тогда как попытка применить рассеивание для борьбы с модами помещения не принесет никакого эффекта.

С помощью *преломления* (см. рисунок 9) можно вывести нежелательные эффекты, например, те же первичные отражения, за пределы зоны прослушивания и тем самым

Материал	Частота (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Пористый бетон	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
Гладкий неокрашенный бетон	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Кирпичная кладка	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
Штукатурка на кирпичной стене	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Штукатурка на кирпичной стене с обоями	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08
Гипсокартон на раме, воздушное пространство 100 мм	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05
Керамическая плитка с гладкой поверхностью	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Стекло 6 мм	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Пена на основе меламина 50 мм	0,18	0,56	0,96	1,00	1,00	1,00
Стекловата 100 мм, 48 кг / м3	0,65	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Каменная вата 50 мм, 60 кг / м3, вплотную к стене	0,11	0,60	0,96	0,94	0,92	0,82
Ворсистый ковер на войлоке 3 мм	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,25
Линолеум	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Деревянный пол на балках	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
ДСП плотностью 20 мм, воздушный зазор 100 мм	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
Тонкие фанерные панели	0,42	0,21	0,10	0,08	0,06	0,06

Рис. 6 — Таблица коэффициентов поглощения некоторых материалов

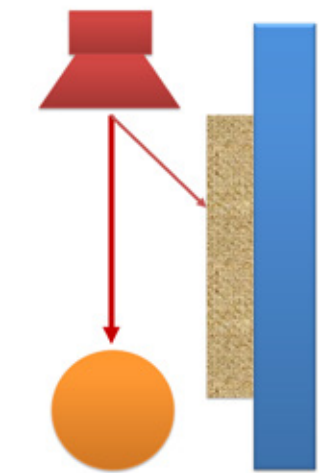


Рис. 7 — Поглощение звуковой энергии

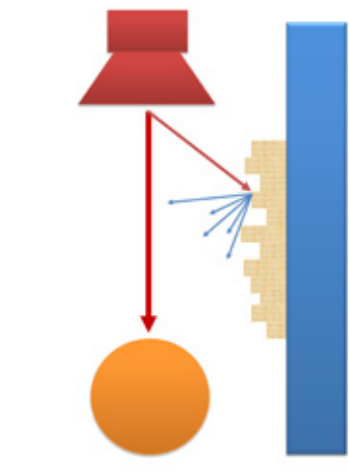


Рис. 8 — Рассеивание звуковой энергии

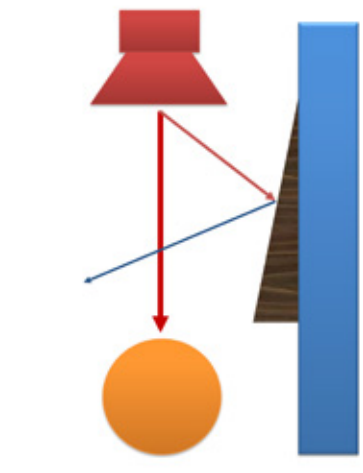


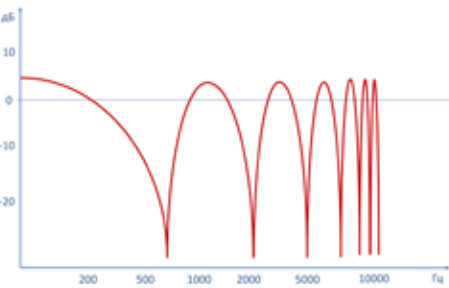
Рис. 9 — Преломление звуковой энергии

избавиться от их негативного влияния. Это решение применяется, если рассеивание или поглощение в данной ситуации нежелательно или невозможно по тем или иным причинам (конструктивные, эстетические, материальные).

Следует отметить, что каждый из вышеупомянутых инструментов воздействия имеет множество вариантов реализации. Например, поглощение может быть пористое или резонативное. Каждый из этих методов, в свою очередь, может быть по-разному конструктивно реализован — от банальных панелей из акустического поролона до комплексных конструкций весом в десятки килограммов с применением слоев из различных материалов. И те и другие имеют свои преимущества и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе подходящего решения.

Все вышесказанное справедливо и касательно рассеивания или преломления. Здесь также существует множество устройств, более или менее эффективно справляющихся со своей задачей: от подручных средств — книжный шкаф, например, — до базирующихся на математических моделях рассеивателей, способных рассеивать акустическую энергию во всех плоскостях (3D).

При этом эффективность этих инструментов изменяется в зависимости от частотного диапазона. Так, например, акустический поролон хоть и является поглощающим материалом, но он абсолютно бессилен при борьбе с резонансами помещения и становится более или менее эффективным на частотах от 300–500 Гц и выше. Тогда как резонативные поглотители работают именно в низкочастотном диапазоне и абсолютно бесполезны для поглощения высокочастотных волн. То же самое касается рассеивания и преломления. Пытаться рассеивать низкочастотную энергию в помещениях



Результат деструктивной интерференции звука — гребенчатая фильтрация

малых размеров — дело неблагоприятное и бесполезное. Такие устройства имеют более чем внушительные размеры, поскольку их габариты должны быть кратными (1/2 или 1/4) длине рассеиваемой волны. И если мы вспомним, что длина волны частоты, скажем, 60 Гц равна 5,7 м, то становится понятно, почему эта техника применяется только в концертных залах, а не в домашних студиях.

Как видите, правильный выбор типа воздействия имеет ключевое значение в достижении поставленной цели и успехе всего мероприятия. Определиться с типом воздействия, теперь предстотит ответить на вопрос о его количестве.

Объем (ТОМ)
Объем применяемого типа воздействия непосредственным образом связан с эффективностью его действия. Применив правильный метод, но слишком малый объем, вы не сможете добиться желаемого результата. К примеру, если вы хотите снизить время реверберации в помещении с 1,5 с до 0,5 с, вам необходимо будет рассчитать с помощью формулы Сабина, сколько квадратных метров площади помещения нужно покрыть поглощающим материа-

лом с заданным коэффициентом поглощения. Не зная о существовании этой формулы, вы должны будете делать это наугад, т. е. методом «научного тыка». Если материала окажется слишком мало, то время затухания акустической энергии снизится лишь незначительно. А если материала будет слишком много, то помещение будет звучать сухо и безжизненно. Все вышесказанное справедливо и относительно рассеивания. Применив его на недостаточной площади, вы рискуете не получить желаемого эффекта диффузного поля. С другой стороны, если применить его слишком много, ваше помещение «поплывет в диффузном море» — вы получите смазанную картину и лишите себя возможности четкой локализации источников звука в фонограмме.

Месторасположение (ТОМ)
Месторасположение выбранного типа воздействия играет не менее важную роль. Неверный выбор места может существенно снизить эффективность воздействия и практически свести к нулю КПД ваших усилий. Или же, наоборот, привести к появлению нежелательных артефактов.

Так, например, расположив пористые поглотители на некотором расстоянии от поверхностей помещения, можно добиться более эффективного поглощения в низкочастотном диапазоне, при том, что все другие члены уравнения (тип и объем) остаются неизменными. Еще пример: разместив рассеиватель слишком близко к зоне прослушивания, вы будете слышать артефакты его действия, а точнее, резонирование на его нижней рабочей частоте. Если нижняя рабочая частота рассеивателя составляет 1000 Гц, то расстояние от него до зоны прослушивания должно быть как минимум 1 м ((344/1000)×3=1,032).

ткани, покрывающей поглощающие элементы, освещения и других элементов, не вступающих в конфликт интересов с акустическими модулями.

Разработайте план реализации проекта, в котором будут четко выделены все его фазы и время на реализацию каждой из них. Если вы думаете, что реализация такого проекта — это вопрос пары дней, то вы сильно ошибаетесь. Как показывает опыт, это может занять до 2–3 месяцев, а если вы параллельно занимаетесь еще и другими делами, то и полгода. Здесь не стоит торопиться, а лучше следовать принципу «семь раз отмерь и один раз отрежь».

Этап коррекции

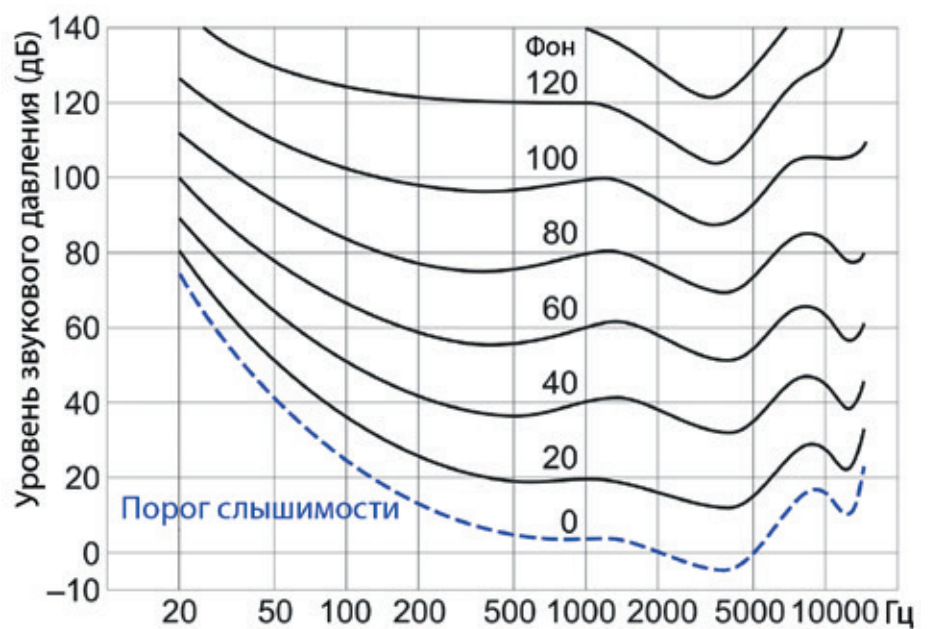
Даже самые успешные концепции приходится дорабатывать или слегка корректировать. Без этого не обойтись — мы хоть и имеем дело с физическими явлениями, однако в жизни не всегда все происходит так, как в теории

Поэтому на различных этапах реализации проекта проводят дополнительные акустические измерения для проверки результатов, посредством которых можно удостовериться, что принятые решения имеют желаемый эффект или же наоборот. К примеру, может потребоваться увеличить объем или расстояние поглощающего модуля от стены или сдвинуть рассеиватель на 30 см дальше от зоны прослушивания.

Хуже, если разработанная концепция, которая теоретически должна была заставить зазвучать ваше помещение на миллион долларов, на практике показала минимальный результат. В таком случае вам придется начать практически с самого начала и попытаться найти ошибку или недочеты, которые к этому привели.

Кроме акустических измерений, дающих объективную оценку различных акустических характеристик помещения, не менее важную роль играют субъективные тесты и прослушивание различного музыкального и речевого материала. Не лишним будет упомянуть, что этот материал должен быть хорошо вам знакомым и качественным, то есть иметь здоровый динамический диапазон, сбалансированное звучание, ширину и глубину микса. По возможности используйте различные жанры, от классики и поп до рока и электронной музыки.

Прослушивания должны проводиться на различной громкости, при этом баланс ком-



Кривые равной громкости

позиции, ее спектральные и другие характеристики, такие как глубина и ширина стереополя, должны оставаться максимально неизменными. Конечно, не стоит забывать об эффекте кривых равной громкости, делающем прослушивание

на повышенной громкости более сбалансированным, особенно в низкочастотном диапазоне. Однако даже на малой громкости вы должны отчетливо слышать басовые роли отдельных инструментов в общем миксе.

Этап реализации проекта

Проанализировав ситуацию в помещении и отобрав возможные методы ее решения, можно перейти к реализации задуманной концепции

На данном этапе, если вы, конечно, сами не плотник или строитель, вам понадобится совет и помощь специалиста, который подскажет, какие материалы и инструменты вам понадобятся. Он же посоветует, где их приобрести, и поможет с практической частью сборки отдельных элементов.

На этом же этапе стоит задуматься и об эстетической составляющей вашего помещения. Разумеется, функциональность разработанных мер имеет приоритетное значение, но если они при этом могут еще и радовать глаз, то почему бы и нет? Скорее всего, вы будете проводить довольно много времени в этом помещении.

Если у вас есть задатки дизайнера интерьерера (и так думаете не только вы), то можете попытаться сделать дизайн самостоятельно. Под дизайном я имею в виду выбор цвета стен,

Как показывает опыт, реализация такого проекта может занять до двух-трех месяцев

Заключение

Акустика, хоть это и наука, все же требует креативных, но четко обоснованных и обдуманых решений. Вы можете ожидать приемлемых результатов только если действительно осознанно подошли к реализации проекта!

Макс Полуэктов



Звукоинженер и акустический дизайнер с многолетним опытом работы на телевидении и в сфере пост-продакшн. Автор проекта YourSoundPath, цель которого — ликвидация безграмотности в области акустики и аудио. В настоящий момент проживает в Германии и занимается разработкой и внедрением аудиосистем и их характерного звучания (Sound Signature) для ведущих производителей автоиндустрии, таких как Audi, Bentley, Lamborghini.
www.yoursoundpath.com
www.youtube.com/yoursoundpath
www.facebook.com/yoursoundpath
www.vk.com/yoursoundpath