

Как в условиях домашних реалий выжать из АС максимум?

Вступительное слово.

Начну с безапелляционного заявления: после прочтения, и, самое главное, усвоения серии обзоров на вышеозначенную тему Вы, уважаемый читатель, вполне сможете считать себя экспертом в области комнатной акустики

Может быть, это и преувеличение, но в одном можно не сомневаться – большинство людей, занятых в сфере аудиобизнеса или областях к нему примыкающих, не знают и третьей части того, о чем Вам предстоит прочесть. В стремлении получить «хороший» звук большинство из них полагается на чисто субъективный метод проб и ошибок или, того хуже, на случай или знаменитый «авось». Иногда им это удается, но чаще – нет, поскольку серьезные так дела не делаются.

С учетом того, что комната для прослушивания (в дальнейшем КдП) представляет собой конечный и едва ли не самый главный аудиокomпонент в системе, причем такой, над которым производители аудиоаппаратуры попросту не властны, любое улучшение его будет огромным подспорьем не только для производителей акустических систем (в дальнейшем АС), но и для потребителей. Те, кто знает, как добиться от АС достойного звучания в комнате вне зависимости от обстоятельств, обладает огромным преимуществом перед олухами. Такие люди могут и себе, и кому угодно дать нечто реально осязаемое – замечательный звук.

Конечно, сами по себе эти обзоры (а их будет в общей сложности 3) не сделают никого экспертом, но зато они содержат в себе всю необходимую информацию и методику, которые при определенной практике вполне могут превратить человека просто заинтересованного и не ленивого в настоящего эксперта. Это ХОРОШЕЕ начало. Наиболее детальный анализ (для гурманов) взаимодействия АС и КдП будет опубликован в самой последнем (третьем) обзоре на эту тему, который пока находится в стадии приготовления. Называть он будет «Совместная жизнь АС и помещений».

Часть 1: Почему АС звучат так, а не иначе

В дни, когда наличие головок громкоговорителя (в дальнейшем ГГ) высокочастотных (в дальнейшем просто пищалок) в АС было диковинкой, наречие «больше» однозначно ассоциировалось с «лучше», и даже АС с огромными басовиками (головка ГГ низкочастотная) требовали огромного усиления, чтобы расслушать хоть что-нибудь, отдаленно напоминающее бас, производители таких буквально ежедневно бросались из одной веры в другую. Басовики, среднечастотники (головка ГГ среднечастотная) и пищалки продавались сепаратно, из которых другие умельцы комплектовали потом всякую разносортницу из различных брэндов, используя при этом разделительные фильтры (в дальнейшем для простоты кроссоверы), которые разрабатывались для совершенно других вещей. Потом все это запикивалось в самопальное акустическое оформление (в дальнейшем корпус или АО), образец которого брался в соответствующем разделе одного из ежемесячных журналов, посвященных аудио или электронике. Вниманию рукодельцев предлагались даже такие «гениальные» конструкции, посредством манипуляций с дверцами и подвижными па-

нелями которых можно было превратить АС закрытого типа, во что бы Вы думали? В рупор! Одним словом, то были деньки, когда качество звучания повышалось в прямой зависимости от количества усилий, затраченных на выпиливание и ошкуривание корпуса.

Можно часто услышать, что, дескать, эх, то были «старые добрые времена» аудио... Ни фига подобного. То были просто «старые времена», по прошествии которых люди, наконец, научились «разрабатывать» АС. В те дни (50-е, 60-е и даже 70-е) все АС звучали по-разному, причем практически ни одна из них не звучала по-настоящему хорошо. Наверное, в то время все были всё еще слишком ошарашены «чудом» под названием «хай-фай», самой возможностью записывать и воспроизводить нечто, напоминающее музыку. Если попытаться охарактеризовать те времена одним словом, я бы сказал «разношерстные», поскольку звучание тех или иных АС той поры было продуманным настолько же, насколько случайным.

Много воды утекло с тех пор, но утекала она очень медленно. От инстинктивных разработок по методу проб и ошибок люди пришли к возможности моделировать поведение ГГ (или динамиков, если хотите) на компьютере, прежде чем конструировать промышленный прототип. Сегодня у нас есть возможность глубоко исследовать различные материалы, формы, размеры и «ходовые качества» для целей оптимизации АЧХ, чувствительности и всего такого прочего, на основании чего и создается прототип. После материализации прототипа проводятся детальные акустические измерения, на основании которых выносятся суждения о том, как такая АС будет звучать еще до того, как в нее поступит реальный звуковой сигнал. Если выясняется, что «окраска» обещает быть слишком сильной, то проводятся дальнейшие измерения с помощью сканирующего лазерного виброметра (есть такая фигняция), которые показывают, что конкретно служит причиной тембрального окрасивания. Так переходят к следующей итерации.

После того, как АС укомплектована «подходящими» басовиками, среднечастотниками и пищалками можно переходить к интеграции их в подходящее АО, используя дальнейшие компьютерные средства для разработки кроссоверов, которые производятся на заказ СПЕЦИАЛЬНО для данных конкретных головок, засунутых в данное конкретное оформление. После этого шага проводятся дальнейшие акустические измерения, по результатам которых судится, насколько же далека или близка конечная цель. Разумеется, если эта цель есть. А она должна быть, поскольку цель – это главное, что отличает сегодняшние АС от АС «разношерстной» поры.

Когда все, наконец, готово, можно переходить к прослушиванию. А что, собственно, слушать-то? Разумеется, окраску. Наличие окраски в звучании АС означает, что ко всем звукам, воспроизводимым через них, АС добавляют «отсебятину». Окраска должна присутствовать в музыке, в голосах, в инструментах, в виртуозности, с которой на них играют, но не в АС! Одна окраска может быть более неприятной, чем другая. Третья на некоторых записях может быть даже приятной. Однако, если Вы планируете слушать самый разнообразный музыкальный материал, то крайне маловероятно, что та или иная окраска, присутствующая АС, будет приятна везде – скорее наоборот.

На самом деле сурово контролируемые слепые тесты на прослушивание показывают (а точнее доказывают), что ПОДАВЛЯЮЩЕЕ большинство слушателей предпочитает АС, у которых окраска минимальна. Среди реакций слушателей на различные АС встречаются такие описательные характеристики звучания, как бубнение, звон, гудение, гнусавость, расплывчатость, жирность, резонансность, пронзительность, ящичность и т.д., а также и более поэтические навроде «шоколадного баса». Возможно, это многим покажется стран-

ным, но наивысшее предпочтение отдавалось АС с самым коротким списком подобных характеристик, т.е. наиболее нейтральным и прозрачным. Так как же этого добиться?

Прежде чем углубиться в пучины нюансов построения АС, неплохо бы отойти от них на необходимое для нормального прослушивания расстояние и постараться понять, что мы слышим? Мы слушаем музыку в помещениях, имеющих стены, пол и потолок, которые почти всегда являются достаточно хорошо отражающими поверхностями. АС излучают звук во всех направлениях и все эти звуки, многократно отразившись от различных поверхностей, в конце концов, достигают наших ушей. Давайте посмотрим, что происходит в типичной комнате. Для примера возьмем АС, в отношении которых большинство слушателей сошлось во мнении, что им присущи некие проблемы с правильностью передачи тембра.

В частности измерения направленности показали, что основной директивой при создании данных АС явно было достижение прекрасных показателей на главной оси (т.е. оси перпендикулярной плоскости, в которой расположены динамики) – тут, надо сказать, разработчики преуспели и сделали АЧХ плавной и очень ровной – при полном игнорировании внеосевого поведения.

Измерения АС в безэховой камере дают хорошее представление о том, как и какие звуки достигают ушей слушателя в типичной КдП. Эти звуки можно разделить на 3 категории: прямые, ранние отражения и все остальные отзвуки. В данном примере все плоскости (т.е. границы) комнаты рассматривались как хорошо отражающие. Так вот измерения показывают, что в области низких частот (в дальнейшем НЧ) доминирующим фактором является отраженный звук (или звуковая мощность). Прямой (аксиальный) звук особой роли НЕ играет. На другом конце спектра, в области высоких частот (в дальнейшем ВЧ), в том, что мы слышим, ПОЛНОСТЬЮ доминирует прямой (аксиальный) звук. В средней части спектра, т.е. в самом важном диапазоне, отвечающем за передачу наиболее важной части голосовой и инструментальной информации – от нескольких сотен Герц до нескольких тысяч Килогерц – важно все! Все три составляющие одинаково влиятельны. Таким образом, если пытаться охарактеризовать звучание АС в комнате, используя при этом измерения АЧХ, полученные в безэховой камере, становится ясно, что измерять в этом случае надо абсолютно все. Сведение описания АЧХ к одной единственной кривой – чересчур упрощенческий подход. Аксиальная АЧХ, также как и полная звуковая мощность, – это лишь верхушка айсберга.

Хорошо, скажете Вы, все это, конечно, интересно, но все это – теория. Что же происходит в комнате на самом деле? Понятно, что реалии гораздо сложнее. В области НЧ комнатные резонансы и отражения от смежных плоскостей доминируют в передаче басовых звуков от АС к слушателю, а различные места установки АС дают очень сильно различающиеся ощущения баса – от конкретного рокенрольного «панча» (дын-дын-дын...) до весьма неплохого собранно-умеренного, проходя, разумеется, через вялый и недостаточный. Не только перемещение АС, но также и слушателя, может дать все те же самые эффекты. Одним словом, вывод должен быть ясен – на НЧ местоположение АС это ВСЁ. Даже при «идеальных» басовиках качество слышимого баса определяется комнатой, местоположением АС и слушателей в ней.

На СЧ и ВЧ ситуация радикально иная. Расположение АС и слушателей не играет практически НИКАКОЙ роли, а конечный результат хорошо предсказуем с помощью данных, полученных в безэховой камере. Что ж, уже неплохо.

Подводя промежуточные итоги, можно с уверенностью сказать, что в КдП есть две четко различимые зоны: до 400-500Гц в том, что мы слышим, доминирует комната, после – АС. В случае данных конкретных АС из примера выше жалобы слушателей на окраску СЧ вполне объяснимы – такова изначальная конструкция этих АС. Фокусировка на аксиальных характеристиках и невнимание ко всем остальным направлениям вошли в противоречие с тем фактом, что слышимое нами в комнате ОЧЕНЬ сильно зависит от звуков, излучаемых АС и в других направлениях (кроме прямого).

Стоит отметить, что коррекция АЧХ при помощи эквалайзера (в дальнейшем просто эквализация) эту проблему НЕ решает. Изменение формы «комнатной» кривой разрушило бы то единственное хорошее, что у этих АС есть – прекрасную осевую АЧХ. Можно заставить АС звучать по-другому, может быть где-то даже в лучшую сторону, но сравнить их звучание со звучанием АС, сконструированных грамотно во всех отношениях НЕВОЗМОЖНО. Чтобы избежать появления окраски при взаимодействии с КдП АС должны хорошо вести себя не только на главной оси, но и на остальных (и на 30°, и на 60° от главной) тоже. Если АС сконструированы так, что их направленность как функция частоты относительно постоянна, то в этом случае точный тембральный почерк всех трех категорий звучания (прямой звук, ранние отражения и все остальные отзвуки) становится реальностью. Вот откуда берется хороший звук.

Теперь, когда общая картина с АС и их взаимодействием с КдП несколько прояснилась, давайте познакомимся с главным предметом, т.е. самими АС поближе. В АС используются ГГ. ГГ - это не просто забавное словечко, обозначающее динамик АС, скажем, тот же басовик. Этим словом описывается устройство, которое преобразует энергию из одной формы в другую. В данном случае – из электрической в акустическую. Электрический сигнал (утрировано) представляет собой (или должен представлять) набор звуковых колебаний, созданный исполнителями и записанный инженерами звукозаписи, которые вместе создают «Искусство». Задачей ГГ является воссоздание точного акустического аналога этих колебаний и сохранение, таким образом, Искусства в неприкосновенности.

Однако одному ГГ (в дальнейшем ГГ) такая задача не под силу. По двум причинам. Во-первых, понятие «музыка» простирается от мощных НЧ до субтильных ВЧ. Хотеть от одного и того же ГГ, прекрасно воспроизводящего шипящий в грудную клетку удар барабанной бочки или взрыв бомбы в кино, еще и воспроизведения утонченности обертонов скрипки – слишком жирно! Вот поэтому-то у нас есть не только басовики, но еще и пищалки и даже среднечастотники. Большие диафрагмы приводят в движение большие массы воздуха, от которых содрогается и мы и наш дом. Хотя заставить большие диафрагмы дергаться с большой частотой физически и возможно, лучше этого не делать. Опять же по двум причинам.

Во-первых, из исследований поведения АС в комнатах становится ясно, что стремление к постоянству направленности на как можно более широком частотном диапазоне – отличная идея. По мере увеличения частоты звука он становится «физически меньше» – длина волны уменьшается. Поэтому для поддержания однородной дисперсии звука с ростом частоты необходимо постепенно уменьшать размеры излучающей диафрагмы. Сколько ГГ различного размера использовать в той или иной АС отчасти определяется требованием к постоянству направленности. Каждый ГГ постепенно становится более направленным, «предпочитая» прямое направление по мере роста частоты. Двухполосная конструкция с 30 сантиметровым басовиком неидеальна потому, что на переходе к, обычно, 2-3 сантиметровой пищалке (переходная частота в этом случае обычно где-то 2-3 кГц), басовик становится весьма и весьма направленным, а пищалка из-за малого размера «запускается» с широкой дисперсией. Этот разрыв в направленности и есть то, что служит причиной по-

явления внеосевых проблем, описанных выше (в том примере басовик «предавал права» среднечастотнику в районе 500Гц, а среднечастотник пищалке – в районе 2-3кГц).

Второй причиной не пытаться реализовать все на базе одного ГГ является то, что диафрагмы гнутся и резонируют на определенных частотах. В идеале хорошо было бы заиметь диафрагму, которая была бы идеально жесткой и двигалась бы как поршень на всех частотах. Большие басовики изъявляют желание резонировать на частотах, лежащих в самой важной части частотного диапазона (в дальнейшем ЧД), куда они и добавляют серьезные ящичные, трубные и гнусавые призвуки голосам и инструментам. В результате у нас появляется вторая причина для использования переходов (или кроссоверов) к ГГ с меньшей диафрагмой для передачи верхнего баса и СЧ. На еще более высоких частотах тоже самое происходит и со среднечастотниками. Их диафрагмы «разгоняются» и резонируют на частотах, которые приводят к жесткому и резкому звучанию ВЧ. Поэтому мы и вводим в игру пищалки, которые, будучи сконструированы грамотно, резонируют на частотах, не слышимых человеческим ухом.

Диафрагмы самых первых ГГ, конической формы, делались из бумаги. Во многих случаях делаются они из нее и сейчас, хотя это уже совсем не та бумага, что была тогда, а сильно «продвинутая». Но, тем не менее, бумага – это адская смесь из всяких ингредиентов, контролировать производство которой невероятно сложно, и которая, кроме того, подвержена изменениям в зависимости от температуры, влажности и «усталости». Как следствие разработчики выискивают более совершенные материалы: жесткие, легкие, прочные, хорошо поддающиеся демпфированию, недорогие и, главное, легко тиражируемые, особенно для целей массового производства.

За все эти годы мы видели конуса и купола, сделанные из всяких разновидностей пластика, включая популярный полипропилен, волокон и тканей (например, шелка, стекла, кевлара или карбона), композитные материалы с усилением и металлы вроде алюминия, титана, бериллия, а также ламинаты из различных веществ. Все из них работают. Некоторые очень даже хорошо. В принципе есть два различных подхода к снижению слышимой окраски звучания, появляющейся из-за резонансов в диафрагмах.

Первый подход заключается в том, чтобы позволить диафрагме резонировать в предназначенной ей полосе частот, но при этом попытаться снизить добротность резонанса (или, иными словами, склонности «звенеть» и «гудеть») за счет выбора материала с хорошим механическим демпфированием. Как правило, к таким материалам относятся материалы, не содержащие металла. Когда-то давно это называлось «контролируемым разгоном», а идея заключалась в том, что, позволяя большим конусам «разгоняться», мы тем самым вроде как улучшаем дисперсию на ВЧ, избегая необходимости установки среднечастотника. Увы, большинство таких решений работало не очень хорошо, и на смену им пришли многополосные системы, по крайней мере, там, где это позволяли стоимостные соображения. Мы и по-прежнему используем эластичные материалы в наших системах, но посредством пристального изучения свойств материалов нам удалось установить гораздо более серьезный контроль над тем, как именно и насколько сильно они резонируют.

Второй подход заключается в использовании очень жестких материалов для диафрагм, за счет применения которых резонансы сдвигаются вверх по частоте, причем настолько, чтобы выпасть за пределы ЧД, в котором планируется использовать тот или иной ГГ. Стандартная проблема с металлическими конусами и куполами такова, что уж если они «разгоняются» – а они в конце концов «разгоняются» – они звонят как колокола. Эти материалы обладают низкими механическими потерями и высокодобротные резонансы для них типичны, что придает их звучанию неподражаемый «металлический» тембр. Однако и

в этой области наметился прогресс, а отдельные разработки так и вовсе свободны от резонансов в полосе частот, на которую они рассчитаны.

Трюк состоит в том, чтобы вывести резонансы за порог слышимости. Если их не слышно, значит, фактически, их как бы не существует. И это справедливо для обоих подходов описанных выше. Трюк этот очень непростой, поскольку мы, люди, очень и очень чувствительны к резонансам. Если хорошенько подумать, то станет ясно, почему. Потому что все звуки, которые нас интересуют, звуки голосов и музыкальных инструментов, являются составляющими многих резонансов. Именно нюансы всех этих резонансов, их интенсивность и добротность позволяют нам распознавать различные голоса, когда кто-нибудь говорит нам «Привет!» в телефонной трубке. Именно различия в подборке резонансов отличают музыкальные инструменты, играющие одну и ту же ноту. Нота, сыгранная на скрипке и на виолончели имеют одну и ту же высоту тона, но совершенно разный тембр. Мы, люди, так устроены, чтобы слышать резонансы и тембральные различия. И не удивительно, что основные жалобы слушателей на АС связаны с нежелательной окраской звучания обусловленной именно резонансами.

В качестве примера того, насколько же мы, люди, чувствительны, можно привести 3 резонанса с различной добротностью (узкий и высокий с $Q=50$, визуально вдвое меньший и вдвое более широкий с $Q=10$, и очень пологий и пространный с $Q=1$), все из которых находятся на пороге заметности при прослушивании оркестровой музыки – одного из самых показательных во всех отношениях сигналов. Хотя все они выглядят по-разному, для уха они все равнозаметны. Вот почему психоакустические исследования так важны. Они помогают нам понять зачастую нелинейные связи, которые существуют между тем, что мы слышим и тем, что мы измеряем.

Сюда же можно добавить, что популярное словесное описание АЧХ как 20Гц-20кГц +/- 3дБ не значит вообще НИЧЕГО, если к нему не прилагается график. Поскольку цифры цифрами, но хорошо бы еще при этом иметь представление, является ли отклонение широким горбом (т.е. серьезной проблемой) или узким пичком (возможно безвредным). Разброс в +/- 1дБ, впрочем, привлек бы мое внимание и без всяких графиков. Также следует заметить, что для обнаружения этих слышимых резонансов измерения должны проводиться с достаточным разрешением по частоте. Большинство же данных, которые можно увидеть в документации производителей или различных журналах НЕ отличаются сколь бы то ни было приличным разрешением, которое позволяло бы рассмотреть эти отклонения вообще или (если их и видно) интерпретировать их более или менее реалистически.

Итак, начав обзор с сырых начинаний в области колонкостроения, куда же мы пришли в ее конце? Достигли ли мы nirваны полной прозрачности?

Для того чтобы с точки зрения слуха сделать это предположение верным, нам пришлось бы поверить в то, что все записи, которые мы слушаем, были сделаны без тембральных искажений. Это явно не так и самой главной причиной тому служит тот факт, что разнообразие студийных мониторов и самих студийных помещений столь же велико, как и разнообразие АС, предназначенных для домашнего использования, и самих КдП. Мониторы используются для подбора микрофонов и электронной обработки (если таковая необходима) которые «запечатлевают» и создают записанный звук. Тот факт, что записи осуществляются с окраской – совершенно нормальное явление. Окраска добавляется в процессе самой записи и отражает состояние оборудования мониторинга. Если мониторы были слишком «яркими», записи имеют тенденцию выходить «тускловатыми» и наоборот. До тех пор, пока мы не сможем быть уверены в том, что система аудиомониторинга была нейтральна настолько же, насколько и наша домашняя система, мы никогда не сможем

сказать, было ли сделано то, что мы слышим, умышленно, в рамках, так сказать, «Искусства» или нет. Удручающе, не так ли?

Тем временем разработчики АС постепенно овладевают наукой создания ГГ для АС и систем, которые приближаются к ИДЕАЛЬНЫМ. Возьмем для примера два ГГ, отличающиеся только материалом диафрагм и предназначенные для воспроизведения как басов, так и СЧ (оба в корпусах) и проведем аксиальные измерения. Очевидно, что при рассчитанной для данных динамиков кроссоверной частоте в 2.5 – 3 кГц, алюминиевый конус справляется со своей задачей очень хорошо. Однако когда он начинает резонировать, он делает это с присущей металлу энергией – в районе 4.5 кГц получается хороший высокочастотный резонанс с огромной амплитудой, который достаточно близок к кроссоверной частоте, чтобы представлять собой слышимую угрозу. Для сравнения взглянем на такую же кривую, снятую для конуса из нового керамического материала ламинированного алюминием. Видно, что такой конус резонирует на более высокой частоте, что обусловлено повышенной жесткостью материала, но резонанс этот лучше задемпфирован (его добротность меньше) и имеет меньшую амплитуду.

После того, как эти ГГ соединяются с кроссовером, высокочастотный резонанс алюминиевого конуса по-прежнему очевиден на срезе кроссовера и, следовательно, все еще представляет собой определенную угрозу окрашивания. Наличие дополнительных фильтров в кроссовере могло бы помочь, но лучшим решением будет использование ламинированного конуса, резонанс которого едва виднеется в самой нижней части затухательного среза – он не только выше по частоте, но и еще примерно на 10дБ меньше по амплитуде, что, как известно, находится ниже порога слышимости. Вот это уже рискованно близко к теоретическому идеалу.

В дополнение к привычным АЧХ, только об одной конкретной части которых мы только что говорили, разработчики ГГ подтверждают работу своих разработок еще и наблюдениями того, как именно движется поверхность конусов на различных частотах. Делается это при помощи прибора, который называется сканирующим лазерным виброметром. Наблюдения за поведением ламинированного 16-сантиметрового конуса показывают, что все точки его поверхности на частоте 3.5 кГц (чуть ниже частоты резонансного излома первого, просто алюминиевого конуса) движутся в унисон, как поршень. На более низких частотах этот ГГ ведет себя не менее хорошо.

Для сравнения можно взглянуть на работу такого же конуса, сделанного из усиленного тканью композитного материала – из-за гораздо меньшей механической жесткости он демонстрирует очень заметный резонанс на той же частоте. В одно и то же время различные части конуса движутся в различных направлениях, что на жаргоне называется «разгоном». У таких конусов тоже есть шанс звучать неплохо, но только лишь если материал рассчитан с учетом достаточных механических потерь, которые могли бы помочь задемпфировать и вывести резонансы за порог слышимости.

Целью всех этих примеров является демонстрация того, как далеко мы продвинулись с тех самых «старых добрых времен». Вы только что прочитали о ГГ, модель которого была сначала разработана на компьютере, и которая была потом использована для разработки «правильного» материала для диафрагмы, а все эти усилия в результате материализовались в мидбасовом динамике, у которого в предназначенной ему полосе частот (40Гц – 3кГц) напрочь отсутствуют слышимые резонансы. Разработчик ГГ хорошо постарался, но работа системного инженера еще не закончена. Именно он должен теперь добиться того, чтобы кроссоверы не нарушили целостности звучания в переходных областях между басовиками и среднечастотниками, между среднечастотниками и пищалками. Кроме того,

он не должен позволить резонансам АО и дифракции подпортить великолепную работу динамиков.

Теперь нам остается рассмотреть следующий большой вопрос, как же резонансы КдП влияют на звучание АС. Но это уже отдельная история.

Часть 2: Акустическое оформление и акустическая коррекция

Целью обзора, который Вы прочтете ниже, является создание контекста, в рамках которого читатель сможет применить на практике ту детальную техническую информацию, которая будет дана несколько позже в третьей части, озаглавленной «Совместная жизнь АС и помещений». По своему опыту знаю, что многие люди полагают, что проблема с размещением АС в комнате ничуть не сложнее других, что должен же, в конце концов, существовать какой-то несложный способ оформить комнату акустически правильно, своего рода «Книга готовых рецептов», которую может понять даже ёж. Хотелось бы, конечно, чтобы это было так, поскольку это облегчило бы жизнь всем. На практике же достижение воистину хорошего звучания в комнате требует знания того, как звук ведет себя в этих самых комнатах, и определенного труда (а на самый худой конец чуть больше, чем самого настоящего везения или, так сказать, пёра).

Как добиться хорошего звучания в комнате?

Наука о комнатной акустике возникла преимущественно в контексте живых исполнителей, выступающих, как известно, в концертных залах, театрах и тому подобных помещениях. В связи с этим особых усилий понять, что же происходит в небольших комнатах при воспроизведении звука, не предпринималось. Самое смешное в этом то, что в домашних условиях музыку слушает НЕИЗМЕРИМО больше людей, чем в концертных залах. И все же определенный прогресс имеет место быть, и мы постепенно начинаем понимать некоторые вещи, которые нам по силам сделать, чтобы добиться приличного качества звука в практически бесконечном разнообразии комнатных размеров, форм, расстановок АС и мебелировки. Звучит несколько пугающе, не так ли? Ну, это конечно не ракеты строить, но и книгой готовых рецептов тут не пахнет – и поработать надо, и подумать, т.е. заняться тем видом деятельности, который у нас не особо почитается...

Шаг №1: Нужна хорошая комната

Ну, это, разумеется, если есть выбор. В подавляющем большинстве случаев нам приходится довольствоваться тем, что есть, или тем, что строилось с учетом чего угодно, но только не акустики. Существует расхожее мнение, что определенные соотношения между размерами комнаты – «длина x ширина x высота» – ОСОБЕННО предпочтительны. Это НЕ так и вот почему – теории и вычисления, которые приводят к этим пресловутым «предпочтительным» пропорциям, основываются на некоторых моментах, которые в реальности не существуют, а именно:

- Во-первых, считается, что комнаты строго прямоугольны, а стены абсолютно гладкие и столь же абсолютно отражающие. На практике такого НЕ бывает, а если бы и было, то, уверяю Вас, Вам бы тут же захотелось что-то с этим «сделать», поскольку такие помещения – отвратительные КдП.

- Во-вторых, считается, что все вычисляемые резонансы помещения (или моды) **ОДИНАКОВО** важны. Это тоже **НЕ** так. В плане их воздействия на слышимые характеристики достаточно очевидно, что в большинстве помещений громче всех «орут» аксиальные моды, за которыми следуют тангенциальные и косые. Из всех тех помещений, где я серьезно слушал музыку, мне попало лишь одно с очень массивными и жесткими стенами, в котором одна или две тангенциальные моды представляли собой реальную проблему. Других таких случаев я не припомню.
- В-третьих, считается, что все вычисляемые резонансы помещения возбуждаются источниками звука в равной степени и **ОДИНАКОВО** слышны. Это могло бы быть так **ТОЛЬКО** в том случае, если бы у нас был один единственный источник звука на полу в углу, и если бы мы пытались слушать его, засунув голову в какой-нибудь другой угол. Понятно, что это маразм. На практике же источников звука НЧ как минимум два, а то и больше. Два физически разнесенных басовика, даже если они оба засунуты в углы, **НЕ** возбуждают все моды в одинаковой степени, если вообще возбуждают. Если же они установлены не в углах, возбуждение мод может вообще оказаться весьма и весьма **СЕЛЕКТИВНЫМ**. Точно также и слушатели вряд ли засовывают свои бошки в углы. В середине же комнаты сопряжение с различными модами **ПРЕДЕЛЬНО** селективно, что представляет собой одну из **ВЕЛИЧАЙШИХ** проблем, с которыми только приходится иметь дело.

Так откуда же пошли все эти «особые» пропорции комнат? В общем-то, началось все это несколько десятилетий тому назад, очень по-научному, когда вполне серьезные люди пытались оптимизировать акустические реверберационные камеры, которые предназначались для проведения точных измерений звуковой мощности. Вот оттуда все и пошло и распространилось на жилые комнаты, в которых, правда, все эти теории по понятной причине работать отказались.

Это, разумеется, **НЕ** означает, что соотношения между размерами комнат не важны. В помещениях кубической и прямоугольной формы с целочисленными соотношениями сторон, а также длинных коридорах музыку лучше не слушать. В остальных же случаях, если **ХОРОШО** понимать, что делаешь, можно добиться отменного звука даже в комнатах, которые находятся в прямом противоречии с «правилами». Точно также можно иметь «никакой» звук в комнатах, которые по знаменитому «общему» мнению являются «хорошими».

Откровенно говоря, самыми проблематичными комнатами, которые только можно встретить, являются те, что приближаются к первому из «идеалов», о которых шла речь в самом начале «Шага №1», т.е. когда стены, потолки и полы **ОЧЕНЬ** жесткие, **ОЧЕНЬ** плотные и **ОЧЕНЬ** плоские. В результате все моды становятся **ОЧЕНЬ** интенсивными, высокодобротными и **ОЧЕНЬ** «резонансными». Как следствие резонансные пики получаются **ОЧЕНЬ** высокими, провалы **ОЧЕНЬ** глубокими, а бубнение продолжается бесконечно.

Для того чтобы быть хорошей (а не «хорошей»), комната должна обладать некоторой поглощающей способностью на НЧ, и если сама конструкция помещения этим не отличается, то ее нужно внести. Несколько сантиметров звукопоглощающего материала вроде стекловолна, синтепона или акустической пены на НЧ **НЕ** дадут вообще ничего. Поглощение на НЧ наиболее эффективно реализуется при помощи больших панелей или мембранных поглотителей. Когда большие поверхности, включая стены, пол и потолок, движутся в результате воздействия на них звуков мощного баса, они ведут себя подобно мембранам и поглощают при этом энергию звука. Эта поглощенная звуковая энергия не может вносить вклад в комнатные резонансы (моды) и, как следствие, резонансы ослабе-

вают. И это здорово! Мембранные поглотители можно купить или сделать самому, хотя сделать поглотитель, который был бы эффективен на самых низких частотах – задача та еще. Большинство устройств, которые можно купить, практически неэффективны на частотах ниже 100Гц, т.е. там, где начинается САМОЕ интересное. Если есть возможность, можно попробовать устроить интерьер комнаты таким образом, чтобы, скажем, стены в комнате были немного гибкими. Оказывается, что один слой гипсокартона на деревянных (а можно и железных) направляющих – это и неплохой компромисс, и совсем недорого. А если еще проложить гипсокартон сзади акустическими панелями (или хотя бы плотным пенопластом), то механическое демпфирование еще больше увеличится, а масса и жесткость конструкции возрастут совсем несущественно. Кроме того, можно варьировать расстояние между направляющими (обычно оно составляет 60 см) и, тем самым, «расстраивать» резонансы. Примерно такого же эффекта можно добиться периодическим дублированием направляющих, а также приданием стенам легкой (невидимой глазу) неидеальности (наклонности, например) – для диффузии это очень хорошо.

После того, как этот этап будет завершен, нужно будет заняться другим, не менее важным делом, а именно улучшением однородности баса вокруг зоны прослушивания. Путем снижения добротности комнатных резонансов, пики давления снижаются, а провалы становятся не так глубоки, что позволяет получить неплохой бас более чем в одной конкретной точке.

Шаг №2: Нужны хорошие АС, которые могут ужиться с комнатой

То, что мы слышим в комнате, на разных частотах определяется различными факторами. На НЧ превалирует комната, на СЧ и ВЧ – АС, АЧХ и направленность которых определяют качество звука. НИКАКИМ эквалайзером ничего нельзя сделать в комнате с АС, которые изначально убоги. Отсюда вывод – выбирать нужно такие АС, которые сконструированы так, чтобы иметь возможность ужиться с разными комнатами. Вам может это показаться удивительным, но далеко не все производители это могут (а точнее хотят).

Настоящим решением этой проблемы, как для профессионалов, так и для любителей, являются АС, которые обеспечивают одинаково хорошую тембральную окраску как в прямом, так и раннеотраженном и прочих звуковых полях. Такие АС можно иначе охарактеризовать как АС с ровной и гладкой аксиальной АЧХ и постоянной направленностью, что в совокупности дает ровное и однородное звуковое давление. Тогда вопрос акустической задемпфированности комнаты становится опциональным, т.е. как бы вторичным. Если отраженные звуки поглощаются, слушатель оказывается преимущественно в прямом звуковом поле, что делает ощущения от музыки более интимными, а звуковые образы более плотными и точными. Если же отражениям позволено вносить свой вклад в сложность звучания, то общее впечатление в целом становится более объемным и открытым, а для многих слушателей – более реалистичным. Отчасти это дело вкуса, однако, в любом случае АС, которые легко уживаются с комнатой, дадут более высокую тембральную точность. Итак, в области СЧ и ВЧ наилучшим решением задачи о получении хорошего качества звука будет приобретение хороших АС.

Шаг №3: Нужно улучшить бас или как работать со стоячими волнами

Как мы знаем, на НЧ ситуация совершенно иная и качество баса определяется самой комнатой, а также расположением АС и слушателей в ней. Разумеется, басовик сам по себе должен быть рассчитан на воспроизведение достаточного количества звука с малыми искажениями в необходимом диапазоне частот. Для того, чтобы иметь возможность управлять басом, необходимо несколько углубиться в технику и понять, как именно энергия ба-

совиков сопрягается с комнатными резонансами (модами), и что именно слышат слушатели. Существует несколько компьютерных программ, которые существенно облегчают жизнь, но многого можно добиться и «вручную».

Если Вы действительно хотите добиться успеха, то без измерений того, что происходит в КдП, НЕ обойтись никак. Однако здесь есть большое «но» - измерения эти должны быть «правильные», т.е. куда более детальные, чем можно получить при помощи обычного третьоктавного эквалайзера, работающего в режиме реального времени (в дальнейшем РРВ). Необходимо использовать системы с высоким разрешением – наподобие SpectraLab – или даже старомодные свопирующие или ступенчатые тона, настроенные на, по меньшей мере, 1/10-октавное разрешение (что на частоте 20Гц соответствует разрешению в 2Гц) и померить, что же доходит до места слушателя.

В случае если комната представляет собой простой прямоугольник, моды вычислить несложно, уж во всяком случае, аксиальные, которые, как правило, являют собой наибольшие проблемы. Для начала нужно вычислить частоты, на которых происходит резонанс. Затем определить, где в структуре пиков и провалов давления (т.е. среди стоячих волн) лучше всего разместить басовики (или сабвуферы), а где – место слушателя. Вы очень быстро поймете, что максимизация удовольствия и минимизация нежелательных эффектов требует определенных компромиссов. Если воспользоваться калькулятором мод, который я могу Вам выслать по почте (по мылу, разумеется), можно без особого труда избежать наихудших пиков и провалов. Лучше всего размещать басовики в областях с высоким давлением, ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНО возле стены, а еще ЛУЧШЕ в углу, чтобы возбудить побольше комнатных мод.

Если измерения покажут, что на резонансной частоте энергии слишком много, можно попробовать подвинуть слушателя поближе к провалу в структуре данной конкретной стоячей волны. Если энергии окажется слишком мало – поближе к пику. Вот таким вот методом проб и ошибок зачастую удается избежать многих проблем и сделать АЧХ в зоне прослушивания более гладкой и ровной.

Если же комната по форме не прямоугольная или в стенах имеются большие проемы, предварительные вычисления могут дать мало или не дать вообще ничего. В этом случае Вам не останется НИЧЕГО иного, кроме как смотреть на экран компьютера и наугад таскать по комнате АС и слушателя. Никому не пожелаю оказаться в подобной ситуации. Непрямоугольные комнаты НЕ устраняют резонансы, а лишь НЕ дают вычислить их простым путем.

Даже при самых лучших комнатах и намерениях совершенство может быть очень обманчивым. При всех обоснованных с точки зрения практичности ограничениях, накладываемых на местоположение АС и слушателя реальными помещениями, акустических манипуляций может оказаться недостаточно для устранения всех проблем, связанных с комнатными резонансами. По крайней мере, в моей практике чаще наблюдается обратное.

Шаг №4: Нужно улучшить бас или эквалайзер может помочь!

Если Вы исчерпали все акустические возможности, но так и не добились желаемого, на помощь может прийти «правильная» эквализация. Однако проводить ее нужно с умом, поскольку что-то она может действительно исправить, а что-то даже и не стоит пытаться сделать с ее помощью.

Найдется много людей, которые будут возражать против эквализации, обвиняя ее в «фазовом сдвиге» и прочих бедах. Не удивительно, что, будучи применяемой слепо, без соответствующих знаний, она заработала себе дурную репутацию. Однако если все делать грамотно, то кроме пользы, никакого другого вреда от нее не будет. И тому есть 4 причины:

- Самые распространенные измерительные приборы представляют собой третьоктавные анализаторы, работающие в РРВ, не обладающие достаточной разрешающей способностью для того, чтобы точно описывать проблемы.
- Самые распространенные эквалайзеры представляют собой третьоктавные «графические» эквалайзеры, не обладающие достаточным разрешением, которое позволило бы конкретно адресовать проблемы, связанные с резонансами, без нанесения побочного ущерба.
- Попытки восполнения глубоких провалов в АЧХ, вызванных акустическим взаимопогашением волн, или нулей являются АБСОЛЮТНО пустым делом, поскольку сколько энергии в комнату не закачивай, а гашение все равно остается. Все, к чему это приводит, так это к клиппингу усилителей и искажениям (а порой и разрушению) басовиков. Единственным решением проблем такого типа является перемещение АС или слушателя, в зависимости от того, кто из них «сидит в нуле».
- Эквализация проводится на слишком высокой частоте. Низкочастотные комнатные резонансы ведут себя подобно минимально-фазовым явлениям, так что адресация конкретно их параметрическими фильтрами является ИСТИННЫМ решением. После нескольких сотен герц (скажем, после 400) ситуация резко меняется, поскольку для исследования сложной комбинации из прямых и отраженных звуков – явления, «проживающего» во временной области – мы используем статические измерения. Результаты измерений могут вообще дать нечто похожее на «гребенчатый фильтр» - зрелище пугающее глаз, но совершенно нормальное для слуха, который слышит естественное звучание комнаты, не несущее в себе никакой проблематики. Если отражения кажутся слишком интенсивными, то решение не в эквализации, а скорее в добавлении каких-то стратегически расположенных звукопоглощающих или звукорассеивающих устройств. Как уже говорилось ранее, если Вы сталкиваетесь с какими-то очевидными проблемами в области СЧ или ВЧ, ЕДИНСТВЕННО правильным решением будут хорошо продуманные, способные ужиться с любой комнатой АС.

Эквализация по-умному

Итак, как же осуществить правильную эквализацию? Прежде всего, необходимо провести измерения с высоким разрешением, которые показали бы, что же происходит на самом деле. Еще раз повторюсь, третьоктавные анализаторы, работающие в РРВ, здесь бессильны. Было бы совсем здорово, если бы имелась возможность усреднять измерения, проведенные в разных точках зоны для прослушивания, поскольку такое усреднение смягчит интерференционные провалы, которые никакая эквализация не исправит, но выделит комнатные резонансы, которые эквализацией весьма эффективно адресуются. После этого задача сведется к принятию решения, что именно менять при помощи эквалайзера. Самое безопасное – убрать пики и не пытаться восполнять провалы. Широкий, пологий провал еще можно попытаться поправить, но делать это нужно постепенно, слушая при этом, действительно ли есть какое-то улучшение. Не стоит давать компенсацию более чем в несколько (скажем от 3 до 6) децибел. Не забывайте, что подъем на каждые 3дБ удваивает потребность в мощности, поставляемой усилителем и отдаваемой колонками. Вся система будет работать с куда большей натугой. По возможности попытайтесь найти акустические способы восполнения провалов (т.е. обдуманное таскание по комнате, кто забыл), а эква-

лайзер используйте для сглаживания пиков. Если Вы видите постоянно присутствующий при любых обстоятельствах провал, попробуйте понять, какая именно мода за него отвечает, и не находится ли одна из колонок или слушатель в нуле или около него. Сдвиньте подозреваемый объект сантиметров на 20-30 и посмотрите, не лучше ли стало. Программка для анализа мод Вам в этом сильно поможет. При условии, что Ваша комната более или менее прямоугольна, конечно. Если же все попытки убрать провалы обернутся неудачей, радуйтесь тому, что хоть пиков нет, а также тому, что узкие провалы сложнее расслушать.

Небольшой пример из жизни:

Комната с жесткими кирпичными стенами (читай, мощные, высокочастотные резонансы) размером 2.40 x 3.60 x 7.20. Вдоль одной из коротких стен установлен огромный телевизор (там же и АС и все прочее), который можно без боли смотреть метров так с 3-4, т.е. практически с самой середины комнаты. Такая дислокация помещает слушателя почти точно в самый нуль, соответствующий продольной (вдоль длины комнаты) моде первого порядка ($340/2 \cdot 7.20 = 23.6$ Гц). Ну, этим озаботиться довольно-таки сложно, поскольку полезной информации на такой низкой частоте бывает немного. Тем не менее, лучше все же постараться в этой точке не сидеть, а сдвинуться малость вперед или назад. Однако на продольной моде второго порядка (47.2 Гц) ценной аудиоинформации хоть отбавляй, а слушатель сидит практически в самом пике давления.

Измерения АЧХ также показали наличия пика в районе 47 Гц, т.е. там, где ему и предполагалось быть по расчетам. Прослушивание же музыки продемонстрировало дряблый и бубнящий бас с «однотонным» качеством. Даже киношные взрывы звучали искусственно. Для решения проблемы был применен одиночный параметрический фильтр с центральной частотой 47 Гц и соответствующей полосой пропускания (т.е. добротностью), который попросту приглушил резонанс. Как уже говорилось, комнатные резонансы на НЧ ведут себя как минимально-фазовые явления, а раз так, то по мере изменения АЧХ изменяется и ФЧХ. А коли подправляется и АЧХ, и ФЧХ, то эта коррекция должна распространиться и на переходную характеристику, т.е. «гул» или бубнеж тоже должен пропасть. Повторные измерения показали, что это так и есть – грамотная эквалализация работает и работает очень ХОРОШО. Примечательно, что провал на 73 Гц был просто полностью игнорирован.

Так, а что получилось бы, если бы вместо вышеописанного метода для коррекции был использован традиционный на основе третьоктавных анализаторов и эквалайзеров?

Дальнейшие измерения, аналогичные приведенным выше, прекрасно иллюстрируют это (жалко не могу показать картинку). Измерения и коррекция, которые в третьоктавном представлении выглядели очень и очень хорошо, дали ложное чувство уверенности в том, что проблема решена. Узнать из них о существовании остроконечных пика и провала, которые прекрасно видны при высоком частотном разрешении, было никак нельзя. Таким образом, стало ясно, что подправить данный случай третьоктавным эквалайзером никак нельзя. Из графиков АЧХ, снятых при достаточном разрешении, явствует, что также как третьоктавные измерения не дают никакой информации о высокочастотном резонансе в районе 47 Гц, так и третьоктавная коррекция оказывается не в состоянии его убрать. Раздражающий гул или бубнение после коррекции таким способом остались практически такими же, как и до того! Так что неудивительно, что после этого эквалайзеры не любят – нужную энергию баса выкидывают, а бубнение все равно остается.

Если быть до конца честным, то следует сказать, что резонанс, конечно, может происходить на частоте, являющейся центральной для одного из третьоктавных фильтров, а его

добротность может быть близка к той, что заложена в эквалайзере для данной частоты. В этом случае резонанс, конечно, был бы заглушен также как и в первом примере.
