

АКУСТИКА - НАУКА НЕ НАГЛЯДНАЯ

Для того, чтобы понять разницу в благосостоянии россиян и “импортных граждан”, можно включить телевизор и послушать разговоры о невыплате зарплаты, можно прочитать в газете интервью очередного начальника о намечающихся тенденциях роста, можно в конце концов просто выйти на улицу и оглядеться. Для тех же, кому скучны проторенные дорожки, предлагаю более изощренную методику сравнения “нас” и “их”. Проанализируйте, например, публикации в специальных отечественных и зарубежных журналах для профессионалов звука. На первый взгляд, разница небольшая. И здесь и там большой объем, прекрасная полиграфия, множество рекламы. Описания новинок, интервью с мэтрами, рассказы о шумных проектах. Но есть одна тематика, широко представленная во всех солидных зарубежных изданиях и практически не затрагиваемая в отечественных: как грамотно построить серьезную домашнюю студию. Причем, только перевод зарубежной статьи никак не может восполнить этот пробел. Ведь там, “за бугром”, их волнуют какие-то немыслимые проблемы. Например: “Я работаю сантехником в отеле “Хилтон”, а в свободное от работы время играю на синклавире. За прошедший год уже выучил ноты от “до” до “соль” (пока без диезов), играю американский гимн и всего Гершвина. Подскажите, пожалуйста, как мне устроить небольшую демонстрационную студию во флигеле моего загородного дома? Я пробовал это сделать самостоятельно, но, во-первых, не могу впихнуть в отведенные под звукозапись пять комнат все свое оборудование, а во-вторых, никак не получается изолировать мой Нойман от проходящей в 15 километрах железной дороги”. Ответ на такой вопрос, как правило, звучит еще более фантастически: “Конечно, серьезную студию вы в таких условиях не построите, но кое-что мы вам посоветуем...” Полистаешь такую статейку, вздохнешь, и не надо ни газет, ни телевизора...

И все-таки, дабы хоть отчасти изменить сложившуюся традицию замалчивания способов домашнего студийного строения, мы предлагаем читателю “Шоу-Мастера” интервью с Анатолием Яковлевичем Лившицем - директором московской фирмы “Акустические материалы”, в профессиональный круг интересов которого входит строительство и реконструкция предназначенных для работы со звуком помещений.

Готовясь к разговору, я обратился к старым учебникам институтской поры и, как итог быстрого перелистывания потертых страниц рискну предложить читателю молниеносное теоретико-экспериментальное отступление. Итак, есть звук и есть преграда. Уровень интенсивности звука - это логарифмическая величина $L = 10Lg(I/I_0)$, где I_0 - интенсивность принятого нулевого уровня 10-12 Вт/м². Коэффициент звукопроводности $b = I/I_0$, где I - интенсивность прошедшего через конструкцию звука, а I_0 - интенсивность падающего на конструкцию звука. Коэффициент ослабления звука является величиной, обратной коэффициенту звукопроводности и выражается в децибелах: $t \text{ (дБ)} = 10Lg(1/b)$.

Приведу экспериментальную таблицу шумов в зданиях:

Источник	Расстояние до источника, м	Уровень интенсивности шума, дБ
Громкий разговор	5	70-75
Нормальный разговор	5	60-70
Хлопание дверью	5	75
Игра на рояле	10	60-80
Громкий разговор нескольких человек	5	80

Для оценки сложности проблем звукоизоляции от внешнего шума приведу ориентировочные данные уличного шума:

Расположение	Расстояние до источника шума, м	Уровень интенсивности шума, дБ
Здание на магистрали	-	90-100
Здание на шумной улице	-	90
Здание на тихой улице, во дворе, в парке	-	70
Здание у железнодорожной станции	50-100	95-110

Для случаев проектирования помещения в клубе могут быть полезны следующие данные:

Расположение	Уровень интенсивности шума, дБ
За стеной - общий коридор	80
За стеной - тихий коридор	65-70
За стеной - шумный вестибюль	85
За стеной - фойе	80-90
За стеной - тихое помещение	65-70

И еще одна таблица, показывающая степень ослабления звуковой энергии при прохождении через различные материалы (полоса частот 100 Гц - 3 кГц):

Материал	Толщина, мм	Коэффициент ослабления, дБ
Оштукатуренная с одной стороны кладка в полкирпича	140	53
Сосновая доска	30	12
Войлок	50	12
Ватное одеяло (0,1 г/см)	30	4,5
Тяжелый занавес	-	13

Звукоизоляция может быть оценена с помощью коэффициента звукоизоляции K (дБ) = $L - L_0$, где L и L_0 - уровни шума соответственно за ограждением и до ограждения. Кроме коэффициента звукоизоляции важное значение играет и коэффициент поглощения энергии $a = I/I_0$, где I - это поглощенная поверхностью энергия, а I_0 - падающая на конструкцию энергия (за единицу коэффициента поглощения принято поглощение 1 м² открытого, не возвращающего энергию окна). Произведение среднего коэффициента поглощения (конструкция, как правило, неоднородна) на площадь поверхности $A = a \times S$ определяет общее звукопоглощение конструкции.

Связь между коэффициентом звукоизоляции, коэффициентом ослабления, общим звукопоглощением и общей площадью конструкции следующая: K (дБ) = t (дБ) + $10 \lg A - 10 \lg S$. Таким образом, для повышения звукоизоляции требуется применить конструкцию с максимальным коэффициентом ослабления, уменьшить размеры ограждающей конструкции (что не представляется возможным ввиду заданной геометрии помещения) и увеличить звукопоглощение поверхности. Потешив читателя теорией, вернемся к практике.

Несколько слов о нашем госте. В 1979 году Анатолий Лившиц окончил факультет "Промышленное и гражданское строительство" Московского института инженеров транспорта. Занимался ремонтом корпусов, кровель, подвалов, общежитий МИИТа. Поступил в аспирантуру на кафедру "Здания и сооружения" по специальности "Строительная акустика" и через четыре года защитил кандидатскую диссертацию на тему: "Улучшение звукоизоляционных свойств бетонных ограждающих конструкций путем воздействия на структуру бетона". В 29 лет стал

проректором МИИТа по строительству. С 1988 по 1992 год занимался обследованием зданий и сооружений. Его группа обследовала более 1000 зданий, начиная со всевозможных подсобных помещений и кончая такими гигантами, как завод двигателей КАМАЗа (одно здание размером 620 на 1600 метров), а также таких уникальных строений, как палаты старого Английского двора, гостиница “Интурист”, Казанский вокзал, вокзалы в городах Орле и Смоленске, купол павильона “Космос” на ВДНХ. Сегодня Анатолий - директор компании, продвигающей на отечественный рынок скандинавские строительные технологии и успешно внедряющей в технологический процесс собственные разработки. Компания занимается звукоизоляцией и звукопоглощением, то есть созданием необходимой акустической среды в студийных, концертных, театральных, лекционных, операционных, производственных и прочих помещениях. Среди объектов, в работе над которыми принимал участие Анатолий, - гостиница, мэрия и аэропорт в Сургуте, вычислительный комплекс и диспетчерская Забайкальской железной дороги в Иркутске, акустическое оформление бассейна новой Олимпийской деревни, концертный зал в Казани, театр в Барнауле, ряд сооружений в Новосибирске, новое здание Совета Федерации и множество других как мелких, так и крупных объектов.

К.Л.:

Читатели журнала “Шоу-Мастер” - это в основном профессиональные звукорежиссеры и музыканты либо очень продвинутые, близкие к профессионалам любители. Большинству из них, наверное, хорошо знакомы проблемы акустической обработки помещений. Но многие, получившие чисто гуманитарное образование, наверное, не знают и азов. Поэтому давайте начнем с общих понятий звукоизоляции и звукопоглощения, особенно применительно к небольшим студиям и комнатам прослушивания. Заранее оговорюсь: для тех, кто хочет изучить проблему глубоко, существуют специальные учебники. И сегодняшний разговор хотелось бы построить без использования специальной терминологии.

А.Л.:

Чаще всего звук излучается твердыми телами: музыкальными инструментами, человеческим горлом, ударом предмета о предмет, о пол, о стену, после чего распространяется по воздуху до других твердых предметов. Воздушная звуковая волна генерирует колебания в следующем твердом теле, и оно начинает излучать самостоятельно. Таким образом, получается многостепенная передача звуковой энергии: источник - воздух - твердое тело - воздух и так далее. В конце концов энергия рассеивается, становится соизмеримой с фоном, и мы ее не слышим.

Падающая на какую-либо преграду звуковая энергия делится на три части. Первая часть - отраженная энергия. Чем ее больше, тем выше звукоизоляция. Вторая часть - энергия рассеивания внутри конструкции при прохождении волны от одной ее поверхности к другой. Чем выше рассеивание, тем выше звукоизоляция. И, наконец, третья часть - это энергия, прошедшая сквозь преграду. Сумма этих трех составляющих и будет равна падающей на преграду звуковой энергии.

Проблема звукоизоляции с математической и физической точек зрения - проблема довольно сложная. Теоретически эта задача была решена давно. Однако в реальной жизни мы сталкиваемся с определенными конструкциями и материалами. Тела не имеют абсолютной упругости. Крепления не поддаются простой классификации. Поэтому кроме теоретической акустики есть еще и практическая. И здесь очень многое определяется знанием строительных приемов, технологий и материалов.

К.Л.:

Для многих непрофессионалов, понимающих акустические проблемы на бытовом уровне, термины “звукоизоляция” и “звукопоглощение” практически неразличимы.

А.Л.:

Если под “поглощением” иметь ввиду антоним термину “отражение” (то есть поглощение звука там, где он излучен - в концертном зале, в комнате) и не рассматривать звук, вышедший за пределы помещения, то следует четко понимать: хорошая звукоизоляция не обязательно подразумевает хорошее звукопоглощение. И наоборот.

К.Л.:

Что ж, практика, так практика. Итак, условия задачи: человек живет в самой обычной квартире. Находясь внутри комнаты, ему надо слушать музыку, репетировать, играть на музыкальных инструментах, записывать звуковой материал. Давайте рассмотрим проблему с точки зрения

звукоизоляции. Как обеспечить спокойствие соседей и перестать слышать шорох тапочек живущей наверху бабули?

А.Л.:

С точки зрения звукоизоляции, наследство, которое нам досталось от периода массового строительства, - плохое наследство. Дело в том, что звукоизоляция в основном определяется массивностью конструкции. При одной и той же силе звуковых волн чем выше массивность конструкции, тем меньше ее виброускорение и меньше сила звука, ею излучаемая. Поэтому, увеличивая массу конструкции, вы увеличиваете звукоизоляцию. Но у нас уже есть готовые стены и перекрытия, и увеличить их массивность - задача достаточно сложная, тем более, что при наращивании массы конструкции в 2 раза звукоизоляция увеличивается всего лишь на 6 дБ.

К.Л.:

Кроме того, масса не спасает от резонансных явлений.

А.Л.:

Действительно, закон массы действует практически на всем спектре частот за исключением частоты волнового совпадения, где появляется резонанс и происходит резкий провал звукоизоляции. К сожалению, провалы возникают на средних частотах, как раз там, где мы разговариваем, - в диапазоне от 250 Гц до 1-2 кГц. И увеличивая толщину стены, мы понижаем граничные частоты. Что же касается высоких частот, то здесь с физической точки зрения все проще - их легче гасить и они быстрее затухают при прохождении от источника к преграде.

Но вернемся к наследству массового строительства. Если вы живете в здании дореволюционной постройки или первых лет советской власти, где применены массивные кирпичные стены и толстые (30-40 см) деревянные либо металлические засыпные перекрытия, то звукоизоляция вашей квартиры в целом хорошая. Но если мы будем говорить о зданиях облегченной конструкции тридцатых и последующих годов, то, скорее всего, звукоизоляция квартиры будет крайне мала. С одной стороны, существовали и существуют строительные нормы и правила, в которых жестко оговорен минимум индекса изоляции ограждающих конструкций. Например, для воздушного шума стен и перекрытий жилых зданий индекс составляет 50 дБ. Это - санитарная норма, нижний порог более-менее комфортабельного существования. Но эта норма рассчитана на обычный шум, а не на музицирование или застолье. Кроме того, эти 50 дБ достигаются только при точном соблюдении технологии строительства. Таким образом, большинство наших людей страдают от того, что слышат больше, нежели хотелось бы. К сожалению, пути решения проблемы весьма тернисты и без увеличения массы серьезной звукоизоляции в большинстве диапазонов частот достигнуть, строго говоря, невозможно.

К.Л.:

Какая-то безысходная картина... Неужели ничто не поможет?

А.Л.:

Если говорить об ударном шуме, возникающем не от излучения в воздух (разговор, игра на музыкальном инструменте, радио, телевидение и так далее), а от непосредственного контакта предмета о предмет (ходьба, удары в стену), то здесь ситуация самая плохая. Дома последних серий собраны из жестких железобетонных элементов с хорошей проводимостью звука и имеют монолитные и сварные стыки, способствующие хорошему прохождению звука. Поэтому удар и сверление на 10 этаже приводит к слышимости на 3-ем, и с этим, скажу откровенно и прямо, в бытовых условиях бороться практически невозможно. Фактически, чтобы убрать ударные шумы, надо создавать комнату в комнате. Но учитывая, что такие шумы эпизодические, а борьба с ними требует невероятных затрат, в дальнейшем не будем обсуждать эту проблему.

Что же касается речевых шумов или звука радиоприемника и телевизора, здесь бороться можно и нужно. Повторяю: нельзя обойтись без увеличения массивности. Но рост массы в 2 раза увеличивает в 2 раза и толщину конструкции. И если толщина межквартирной стены 16 сантиметров (в ряде современных проектов - 2 отдельные стены по 8 сантиметров), необходимо нарастить толщину бетонной стены до трети метра! А это невозможно, ибо нарушает устойчивость здания, отнимает 16 сантиметров пространства с каждой стороны комнаты и, наконец, стоит немалых денег. Поэтому надо пытаться обхитрить природу, и один из возможных путей - применение многослойных конструкций.

В многослойных конструкциях присутствуют твердые слои с высокой массой и мягкие слои с высоким звукопоглощением. При этом на границе слоев происходит отражение звуковой волны в обратную сторону. А само наличие звукопоглощающего материала приводит к общему повышению коэффициента потерь, что снижает падение звукоизоляции на частотах волнового совпадения. При таком подходе главным условием является обеспечение раздельности работы существующей и дополнительной стен. Ведь если их соединить жестко через деревянные или металлические стойки гвоздями или шурупами, то в результате большой разницы масс дополнительной и существующей конструкций достигаемый звукоизолирующий эффект вряд ли превзойдет 4 дБ. Если же обеспечить раздельную работу существующей и дополнительной стен, то эффект будет значительно выше.

При раздельной работе существующей и дополнительной стен мы должны сложить две звукоизоляции. Например, нормативные 50 дБ и дополнительные 15 дБ в сумме дадут 65 дБ. На практике, конечно, сумма будет меньше (из-за косвенных путей передачи звука через сопрядаельные конструкции), но получить 8-12 дБ вполне реально. Такие легко монтируемые, недорогие, сертифицированные и работающие отдельно от стены конструкции ЗИПС разработаны в нашей фирме и доведены до промышленного варианта.

К.Л.:

Итак, выход все же есть. Это - стандартные или уникальные многослойные конструкции, максимально "развязанные" с существующими стенами.

А.Л.:

Дополнительно имеет смысл использовать акустические звукопоглощающие потолки - они с одной стороны уменьшают действие отраженного звука, а с другой - в пространстве между акустическим и существующим потолками происходит поглощение, а значит, и ослабление звука. По результатам проводимых нами натурных измерений, изменение воздушного шума после навески потолков Esofon оценивается от 4 до 6 дБ, что является очень неплохим показателем. Еще раз подчеркну: это относится лишь к средним и высоким частотам. Изолировать таким образом низкие частоты невозможно, и если вы заботитесь о соседях снизу, я рекомендую применение таких же многослойных конструкций (так как нагрузка на пол несравнимо серьезнее нагрузки на стены, здесь следует применять другие, гораздо более плотные материалы). Также можно увеличить массу пола, заменив стандартную 2-4-сантиметровую стяжку на более тяжелую 5-7-сантиметровую, например, из кварцевого песка. Впрочем, делать это без серьезного обследования здания категорически нельзя.

К.Л.:

Итак, звукоизолированы стены, потолок, пол. Ну а двери, окна?

А.Л.:

Звукоизоляция окон и дверей - очень важная вещь, так как защита от воздушного уличного шума, определяется не стенами, которые выходят на улицу, а именно окнами. Эта проблема имеет два решения. Первое - замена обычных окон на специальные звукоизолирующие стеклопакеты. Второе, наиболее дешевое и тем не менее весьма эффективное решение - ремонт стандартных некачественных деревянных окон со спаренными или раздельными переплетами. Ремонт включает в себя установку более толстых стекол различной толщины (это защитит конструкцию от резонанса), установку стекол на герметик (например, на силикон), прокладку по периметру коробки между стеклами звукопоглотителя и устройство двойного контура уплотнения в притворе. Комплекс этих кропотливых тонких работ приводит к увеличению звукоизоляции на 10 дБ, а это совсем немало, так как при стандартной звукоизоляции окна 27-35 дБ можно получить звукоизоляцию в 45 дБ. Что же касается замены окна, я бы посоветовал деревянные или дюралевые рамы с тройным остеклением. Не хочу сказать, что пластиковые окна плохи, просто пластик - материал легкий, а деревянные и дюралевые окна более массивны и, как следствие имеют лучшие звукоизоляционные свойства.

Теперь о дверях. Входная дверь в квартиру должна быть массивной, с хорошими плотными притвором и порогом. Если вы установите двойную дверь - это будет еще лучше. Дверь в комнату, где проводится прослушивание, запись или репетиция, также должна иметь большую массу, обладать порогом и уплотненными притворами. Чем меньше щелей, чем массивнее дверь, тем лучше ее звукоизоляция.

К.Л.:

Есть ли возможность говорить о каких-то ценах?

А.Л.:

На сегодня могу предложить следующие цифры: разработанная нами панель ЗИПС-7 толщиной 7 см имеет ориентировочную цену \$20/м² без установки. Установка – около \$5-\$10/м² (цены колеблются зависят от удаленности, этажа и наличия лифта).

Завершая разговор о звукоизоляции, хотел бы предостеречь потенциальных заказчиков от общей ошибки. Дело в том, что очень часто неискушенный “проектировщик” путает теплоизоляционные и звукоизоляционные материалы и конструкции. К сожалению, это вносит большую и вредную путаницу. Так что рекомендую очень четко разделять понятия тепло- и звукоизоляции. Кроме того, к звукоизоляции не имеют никакого отношения ни обои, ни тонкослойные конструкции, ни всяческие пленки.

К.Л.:

Что ж, перейдем от звукоизоляции к звукопоглощению.

А.Л.:

Звукопоглощение - это “не отражение” акустических колебаний от преграды “назад” в воздушную среду. Войдите в пустую бетонную комнату - и присутствующая там реверберация наложится на речь, снизит разборчивость, приведет к быстрой утомляемости. Таким образом, увеличивая звукопоглощение, мы создаем более приятную и комфортную акустическую среду. Но в сильно заглушенном помещении звук благодаря отсутствию “запаздывающих” отраженных сигналов теряет свою сочность. Поэтому реверберация очень важна при восприятии “живых” вокала, звука музыкальных инструментов, речи. А вот в случае с комнатами прослушивания ситуация обратная. Здесь мы имеем дело с качественно записанным звуком, уже включающим в себя все реверберационные эффекты. Поэтому в данной ситуации следует максимально заглушать помещение, минимизируя отражения и слушая только прямой звук.

Заглушение достигается путем применения звукопоглощающих материалов - сегодня на строительном рынке их очень много. Это мягкие пористые материалы, конкурирующие между собой как по звукопоглощательным свойствам, так и по цене, дизайну. Звукопоглотителями являются мебель, шторы, занавеси и даже присутствующие в комнате люди.

Правильное (не максимальное, а именно правильное) звукопоглощение особенно важно в больших помещениях - здесь только искусство акустика способно создавать комфортное восприятие звукового источника. К сожалению, длина стен современных жилых комнат обычно не превышает 4-6 метров. И на низких частотах у вас будут серьезные проблемы, так как волна может не уложиться между стенами комнаты (длина волны с частотой, например, 100 Гц составляет 3,4 м) и при отражении не будет гармонической – будет происходить хаотическое наложение амплитуд и возникнет эффект так называемого “бубнежа”. Поэтому при выборе студийной комнаты прослушивания надо обязательно учитывать ее физические параметры и не пытаться добиться невозможного. Если же у вас есть возможность устроить студию в большей комнате - на даче или в загородном доме, то лучше это сделать именно там.

Не вдаваясь в подробности, подчеркну еще один важный момент: плохо, когда в комнате или зале существуют ярко выраженные зоны различной слышимости, то есть звуковое поле не является диффузным. Для минимизации подобных эффектов строят непараллельные стены или вносят в интерьер элементы без больших плоскостей (криволинейные потолки, специальные углы и ребра на плоских стенах). Конечно, в квартире сделать это сложно, но при проектировании загородного дома о таких вещах следует позаботиться загодя.

К.Л.:

Что ж, надеюсь, наш разговор поможет многим читателям журнала правильно оценить свои возможности и скорректировать интерьер своих домашне-рабочих помещений.

А.Л.:

Как бы то ни было, в России много людей, имеющих возможность слушать и играть музыку. Общаясь с ними, я постоянно слышу рассуждения о том, какой кабель лучше - “золотой” или “серебряный”... Не спорю - все это важно, но, вкладывая деньги в дорогостоящую аппаратуру и не

заботясь об окружающем пространстве, невозможно получить качественный звук! И еще: акустические задачи не наглядны. Их невозможно решить без профессиональной подготовки и большого опыта практической работы. Не выбрасывайте деньги на ветер (особенно это касается звукоизоляции!), обращайтесь к специалистам - и вы получите достойный результат.

Константин Лакин, специально для журнала "Шоу-Мастер"
Copyright © ООО "Шоу-Мастер"