

# АКУСТИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН

Часть 2

В прошлом выпуске мы познакомились с типичными акустическими проблемами помещений небольшого объема, в которых обычно и располагается абсолютное большинство домашних студий. Мы научились собирать нужную информацию и делать на ее основании определенные выводы, а также находить решения для улучшения условий мониторинга и, следовательно, качества миксов. В этот раз, опираясь на теоретические основы, мы на примере проекта студии Олега Ершова шаг за шагом разберем этапы его реализации — от сбора информации до финального файн-тюнинга.

## Подготовительная фаза

Как мы выяснили в первой части, все начинается со сбора и анализа информации. В нашем случае речь шла о жилой комнате Г-образной формы в трехкомнатной квартире на пятом этаже самого обычного дома хрущевских времен. Задача была поставлена следующая: сделать звукоизоляцию одной из стен (В) и создать адекватные условия для мониторинга при сведении и мастеринге. Особый акцент ставился на то, чтобы не пересушить помещение, забив его поглощающими панелями. Это было желание Олега — по его словам, ему тяжело работать в таких условиях. И я вполне разделяю его мнение.

Олег предоставил мне детальный чертеж квартиры со всей необходимой разметкой и сделал несколько фотографий, чтобы я более наглядно смог представить, о чем идет речь. На основании этих данных я сделал 3D-модель комнаты в SketchUp (см. рисунок 1), которая и послужила основой для всех дальнейших шагов.

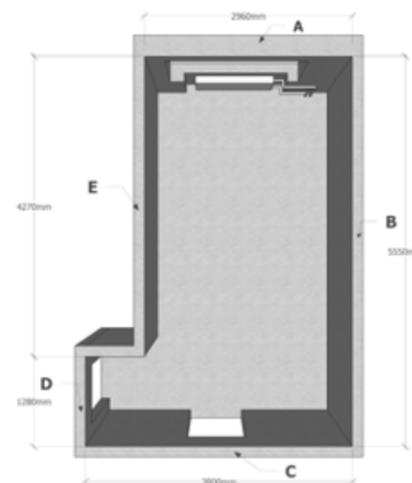


Рис. 1 — 3D-модель помещения с указанными размерами

С помощью формулы Сабина, о которой мы говорили в предыдущей статье, я рассчитал теоретическое время реверберации в пустом помещении с голыми стенами, которое, к сожалению, подтвердило мои предположения и сильно превысило рекомендуемые значения 0,3–0,4 секунды.

$$RT60 = 0,161 \frac{45,5}{0,06 \times 85,8} = 1,42 \text{ сек.}$$

После прояснения некоторых деталей мы сошлись на том, что для корректной работы стоит провести несколько акустических измерений, которые помогут нам выявить скрытые недостатки и подтвердить или опровергнуть прогнозы. Особенно меня интересовало распределение времени затухания по частотно-



Рис. 2 — Время реверберации в пустой комнате

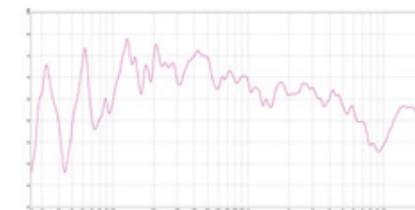


Рис. 3 — Амплитудно-частотная характеристика помещения

му спектру, которое всегда гораздо больше на низких частотах и сильно усугубляет ситуацию в этом диапазоне.

После моих подробных инструкций, где и как именно следует произвести измерения, Олег предоставил мне результаты, проанализировав которые, я смог сделать следующие выводы:

> Измеренное среднее время реверберации совпадает с теоретическим, полученным на фазе прогнозирования, и составляет в среднем 1,4 с.

> В области низких частот (20–125 Гц) время реверберации значительно больше и достигает 2,4 с (см. рисунок 2).

Анализ амплитудно-частотной характеристики выявил следующие особенности (см. рисунок 3):

> Наблюдаются существенные завалы и пики, особенно в низкочастотном диапазоне.  
> Резонирующие частоты помещения совпадают с полученными при предварительном модальном анализе и подтверждают наличие проблем в НЧ-диапазоне.

- > Габариты помещения: 555 × 296 (380) × 260
- > Объем помещения: 45,5 м<sup>3</sup>
- > Общая площадь всех поверхностей: 85,8 м<sup>2</sup>
- > Площадь отдельных поверхностей, а также материал, из которого они изготовлены, и другие детали, такие как расположение окна, дверных проемов и т. д.

	Габариты, мм	Площадь, м <sup>2</sup>	материал
Пол	555 × 296 × 396	17,5	дерево
Потолок	555 × 296 × 396	17,5	бетон
Фронтальная стена (А)	296 × 260	7,7	кирпичная кладка
Тыльная стена (С)	385 × 260	9,9	кирпичная кладка
Правая стена (В)	555 × 260	14,4	кирпичная кладка
Левая стена (Е)	427 × 260	11,1	кирпичная кладка
Тамбур (D)	128 × 84 × 260	7,7	кирпичная кладка

На основании полученной информации я произвел предварительный модальный анализ и определил частоты стоячих волн, на которых данная комната резонирует.

	Гармоника				
	1	2	3	4	5
Длина	31	63	94	125	156
Ширина	57	115	172	229	286
Высота	66	132	198	264	330

## Разработка рабочей концепции

На данном этапе все было готово к разработке рабочей концепции. В процессе поиска подходящей модели для решения поставленных задач я основывался на имеющихся данных, и мой выбор пал на несколько модифицированную версию LEDE (Live End Dead End), где в классическом виде во фронтальной части помещения преобладает поглощение, а в задней части — рассеивание. Но поскольку комната была довольно небольших размеров, эта модель оказалась бы не самой подходящей, поэтому после некоторой модификации — в основном состоящей из смешивания в нужной пропорции поглощающих и рассеивающих элементов как в

одной, так и в другой части помещения, а также их расположения в стратегически важных местах — она показала себя как наиболее приемлемая. Более подробно о различных моделях помещений вы можете прочесть на странице моего проекта YourSoundPath.

Поскольку Олег не любит работать в «пересушенных» помещениях и предпочитает стерильному звуку более «диффузное», но тем не менее четкое звучание, было принято решение поступить следующим образом:

- > Снизить время реверберации RT60 до 0,2–0,3 секунды за счет применения ши-

рокодиапазонного поглощения для получения полного контроля над акустикой помещения.

- > Использовать углы помещения для контроля баса и устранения НЧ-резонансов.
- > Получив полный контроль над отражениями, использовать рассеивание для создания диффузного поля, делающего звучание не таким сухим.

Однако прежде чем перейти непосредственно к работе над акустикой самого помещения, нужно было разобраться с одной важной проблемой.

## Звукоизоляция

Когда речь заходит о профессиональной работе со звуком, тишина становится обязательным условием: соседские выяснения отношений на повышенных тонах и детский плач однозначно мешают концентрации и вряд ли подхлестнут вашу креативность.

Именно так все и было в случае с комнатой Олега. За стеной по правую руку живут довольно шумные соседи, поэтому нам пришлось организовать звукоизоляцию для смежной с соседями стены.

Разумеется, для этого пришлось пожертвовать некоторым полезным пространством комнаты. После анализа ситуации был сделан выбор в пользу многослойной конструкции с откосом на 25 см от основной стены.

Новой стеной, которая была возведена на профилях Knauf, послужили сборные плиты из гипсокартона повышенной твердости Knauf Diamant с улучшенными звукоизоляционными свойствами, на обратную сторону



Звукоизоляционная «стена» из гипсокартона Knauf Diamant и минеральной ваты AcousticWool Sonet 48 кг/м³

Звукоизоляционная стена	Кол-во	Габариты, мм		Площадь, м²	Общая площадь
		длина	высота		
	1	5550	2600	14,43	
Необходимый материал					
		Габариты (мм)			
Плита из минеральной ваты 48 кг/м³	48,1	длина	ширина	толщина	28,8
		1000	600	50	
Гипсокартон Knauf Diamant	4,7	2500	1250	15	14,6

которых были наклеены плиты минеральной ваты AcousticWool Sonet, толщиной 50 мм и объемной плотностью 48 кг/м³ (см. рисунок 4). Однородная структура и хаотичное расположение волокон этого материала обеспечивают высокий уровень звукопоглощения. Такие же плиты были наклеены и на основную стену, разделяющую комнату с шумными соседями. Образовавшийся между стенами, а точнее, плитами минеральной ваты, воздушный

зазор порядка 10 см помог снизить уровень шума еще на несколько децибел. Более того, возведенная конструкция исправила ситуацию с симметрией стен относительно окна по длинной оси помещения и послужила своего рода поглотителем мембранного типа для низких частот в помещении.

Хотя такая конструкция и не лишена недостатков (сложность, стоимость, лишнее пространство), она значительно повышает эф-

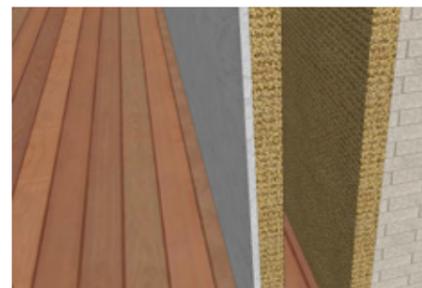


Рис. 4 — Звукоизоляция стены В

фективность звукоизоляции по сравнению с наклеиванием звукопоглощающего материала непосредственно на смежную с источником шума стену. Поскольку аспект тишины и покоя имел высокий приоритет, у нас не было никаких сомнений, что именно эту технику и следует применить, несмотря на вышеперечисленные недостатки. В таблице ниже приведен перечень требуемых материалов и их количество.

## Расположение мониторов и зоны прослушивания

Решив проблему с шумом, мы приступили к работе с непосредственно звучанием помещения. Для этого в первую очередь нужно было определить наиболее благоприятное месторасположение мониторов и зоны прослушивания (рабочего места) в помещении. Эти два компонента и их взаимодействие друг с другом имеют

огромное влияние на происходящее в комнате и при правильном подходе могут сэкономить массу средств и времени, потраченных на исправление ошибок, в случае если этому не было уделено должного внимания.

Зону прослушивания мы разместили на расстоянии 2,1 м, а мониторы — 85 см от

фронтальной стены, что составляет 38% и 15% соответственно от общей длины комнаты. В этом месте моды (стоячие волны) имеют наименьшее влияние на акустическую картину в помещении, и нам придется приложить намного меньше усилий, чтобы нейтрализовать их действие.

## Ящик с инструментами

На следующем этапе я перешел к выбору необходимых инструментов воздействия, которые помогут максимально эффективно достичь поставленной цели. Более подробно о наборе инструментов в арсенале акустика, а также их возможностях и ограничениях мы говорили в предыдущей статье.

В данном случае нам нужно было снизить время реверберации в помещении с 1,4 секун-

ды, а в низкочастотном диапазоне с 2,0–2,4 до желаемых 0,2–0,3 секунды, поэтому без поглощения здесь никак не обойтись. Однако поскольку мы не хотели пересушить помещение и сделать его практически безжизненным, нам нужно было прибегнуть к рассеиванию. Возможно, кто-то из вас задастся вполне резонным вопросом: зачем снижать поглощением время реверберации до 0,2–0,3 с, а потом рассеивать,

чтобы вернуть часть энергии, если можно изначально меньше поглощать? Ответ прост: мы хотим иметь полный контроль над тем, что мы рассеиваем. Это очень большая разница!

Но какого именно типа, сколько и где именно необходимо применить эти инструменты, нам поможет определить знакомый из прошлой статьи принцип «тип, объем, место» aka TOM.

## Поглощение

Поглощение является мощным инструментом воздействия на акустику любого помещения. С его помощью мы можем удалить часть акустической энергии.

### Тип (TOM)

Для достижения наших целей нам нужно будет применить поглощение в широком диапазоне частот и уделить отдельное внимание диапазону от 20 до 120 Гц. Для реализации первой задачи отлично подходит пористое поглощение, но сколько же его понадобится и в каких местах его разместить?

### Объем (TOM)

Первым делом следует определить примерное количество необходимого поглощающего материала для снижения времени реверберации до нужного значения (0,23 секунды). Как говорилось выше, для этого мы воспользуемся формулой Сабина.

$$A = \frac{V}{RT60/0,161} = \frac{45,5}{0,23/0,161} = 31,8$$

Вычислив значение A, можно посчитать необходимую площадь покрытия поглощающим материалом с заданным коэффициентом поглощения (мы будем пользоваться минеральной ватой с коэффициентом поглощения 0,9).

$$S = \frac{A}{\alpha} = \frac{31,8}{0,9} = 35,3$$

В нашем случае общая площадь всех поверхностей помещения составляет 85,8 м². Чтобы снизить общее время реверберации в помещении до желаемого значения 0,2–0,3 секунды,

необходимо будет покрыть 35,3 м² поглощающим материалом с коэффициентом поглощения 0,9.

Здесь следует отметить, что это вовсе не означает, что нужно обклеить все стены поролоном или ватой. Наоборот, стоит комбинировать различные типы поглощения, типы поглощающих материалов, их толщину и плотность, а также их расположение в помещении. Именно так мы и поступили, выбрав для потолка плиты Heradesign, для стен — специальные панели, а для углов помещения, где моды имеют наибольшее давление и являются основной причиной возникновения неравномерностей АЧХ и повышенного времени реверберации в низкочастотном диапазоне, — Super Chunks, эффективно поглощающие частоты ниже 200 Гц. Ниже мы более подробно поговорим о каждом из этих модулей.

Обратите внимание, что общая площадь всех поглощающих модулей, включая потолок, практически составила необходимые нам 35,3 м²

### Месторасположение (TOM)

Месторасположение того или иного акустического элемента в помещении имеет огромное значение и сильно влияет на эффективность его действия. Так, например, расположив довольно большой объем поглощающего материала

в углах комнаты (угловые поглотители Super Chunks), мы можем добиться эффективного поглощения низких частот.

Определившись с TOM'ом по поглощению, мы можем перейти к планированию отдельных модулей.

### Акустические панели

В нашем случае для достижения целевого времени реверберации было принято решение изготовить панели различных форм и размеров (см. рисунок 5), которые впоследствии будут расположены в специально предусмотренных местах на поверхностях комнаты.

Поглощающим материалом для изготовления панелей послужили плиты минеральной ваты на основе базальтового волокна AcousticWool Sonet P толщиной 100 мм, обеспечивающие эффективное поглощение (70%) уже от 125 Гц (см. рисунок 6). Коэффициент поглощения характеризует способность материала поглощать акустическую энергию или, другими словами, преобразовывать ее в другую форму, например, в тепло. Поскольку эта способность зависит от частоты звука, то коэффициент поглощения не может оставаться равным для всего диапазона частот и варьирует от 0 (отражение) до 1 (полное поглощение) в зависимости от рассматриваемой частоты.

	Площадь модуля, S	Коэффициент поглощения, α (по тех. спецификации)	A = S × α
Потолок	17,52	0,9	15,768
Панели А,В,С	8,4	0,9	7,56
Угловые поглотители	5,72	0,9	5,148
Панель D	3,6	0,9	3,24
<b>Всего:</b>	<b>35,24</b>	<b>0,9</b>	<b>31,716</b>



Рис. 5 — Поглощающие панели А, В и С

Панели А	Кол-во	Габариты, мм			Площадь, м <sup>2</sup>	Общая Площадь, м <sup>2</sup>
		ширина	толщина	высота		
	2	1200	100	2000	2,4	4,8
Необходимый материал						
Плита из минеральной ваты 80 кг /м <sup>3</sup>	8	Габариты, мм				
		длина	ширина	толщина		
		1000	600	100		

Панели В	Кол-во	Габариты, мм			Площадь, м <sup>2</sup>	Общая Площадь, м <sup>2</sup>
		ширина	толщина	высота		
	2	1000	100	1200	1,2	2,4
Необходимый материал						
Плита из минеральной ваты 80 кг /м <sup>3</sup>	4	Габариты, мм				
		длина	ширина	толщина		
		1000	600	100		

Панели С	Кол-во	Габариты, мм			Площадь, м <sup>2</sup>	Общая Площадь, м <sup>2</sup>
		ширина	толщина	высота		
	2	600	100	1000	0,6	1,2
Необходимый материал						
Плита из минеральной ваты 80 кг /м <sup>3</sup>	2	Габариты, мм				
		длина	ширина	толщина		
		1000	600	100		

Отличительной особенностью этих плит является их высокая объемная плотность, равная 80 кг /м<sup>3</sup>, что делает их не такими опасными для высоких частот и практически исключает вероятность пересушить помещение, даже при массивном использовании.

Дополнительное преимущество этих плит заключается в том, что одна их сторона покрыта специальным материалом, снижающим нежелательную эмиссию базальтовых волокон, что делает их идеальным выбором для изготовления акустических панелей, предназначенных для размещения в жилых помещениях. Разумеется, все панели дополнительно обтягивались специальной акустически прозрачной тканью, предотвращающей проникновение микрочастиц минеральной ваты в помещение, что может быть небезопасным для дыхательных путей.

Панели А (2 шт.), расположенные во фронтальной части помещения и имеющие внушительные габариты (1240 × 2040 × 100 мм), призваны поглощать акустическую энергию в широком диапазоне частот и исключить возможность возникновения порхающего эха (flutter echo). Кроме того, их довольно большая общая площадь — 4,8 м<sup>2</sup> — способствует снижению времени реверберации в помещении. Каждая панель была изготовлена из четырех плит AcousticWool Sonet P (600 × 1000 × 100 мм), заключенных в деревянную раму и обтянутых специальной тка-

нью. Эти панели были размещены на боковых стенах в зоне первичных отражений.

Панели В (2 шт.), имеющие несколько более скромные размеры (1040 × 1240 × 100 мм), являются дополнительной поглощающей поверхностью общей площадью 2,4 м<sup>2</sup>. Они располагаются на боковых стенах позади зоны прослушивания и оказывают посильную поддержку панелям А в решении их задач. Панели В были изготовлены по тому же принципу, что и панели А, только на этот раз из двух плит AcousticWool Sonet P (600 × 1000 × 100 мм).

Панели С (2 шт.), самые маленькие из всех (640 × 1040), располагаются в задней части помещения и прямым образом никак не влияют на происходящее в зоне прослушивания, однако, имея общую площадь поглощающего материала 1,2 м<sup>2</sup>, снижают общее время реверберации в комнате.

Дополнительным звукопоглощающим элементом было принято решение сделать потолок. Довольно часто люди забывают про эту конструктивную деталь. Огромным преимуществом при этом является довольно большая площадь потолка (в данном случае 17,5 м<sup>2</sup>) и практически полная свобода его использования под наши (акустические) цели. В отличие от пола, на потолке не стоит мебель и по нему не нужно передвигаться!

Исходя из всех вышеперечисленных преимуществ, потолок было решено сделать из плит Heradesign Superfine 25 с относом 20 см и применением с внутренней стороны, то есть между потолком и навесной конструкцией, слоя минеральной ваты AcousticWool Sonet толщиной 50 мм (см. рисунок 7).

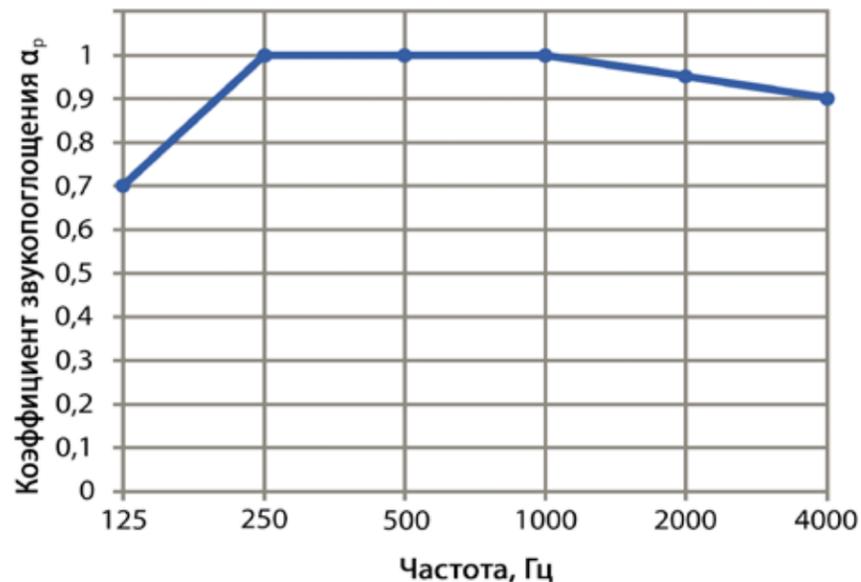


Рис. 6 — Коэффициент звукопоглощения AcousticWool Sonet P 100 мм

Такая конструкция обеспечивает эффективное поглощение акустической энергии вплоть до 200 Гц и даже на частоте 125 Гц имеет коэффициент поглощения 0,65. С другой стороны, акустические свойства и неравномерная структура плит Heradesign позволяет практически исключить опасность пересушить помещение в высокочастотном диапазоне, что очень важно при такой внушительной площади покрытия.

Самые низкие частоты берут на себя угловые поглотители (SuperChunks), обладающие для этого достаточной массой и площадью (см. рисунок 8). Они изготовлены из плит ми-

неральной ваты AcousticWool Sonet толщиной 100 мм, нарезанных на треугольники размерами 250 × 600 × 650 мм и уложенных друг на друга во всех четырех углах комнаты от пола до потолка, что соответствует общей площади 4 × 1,43 м<sup>2</sup>.

Для придания конструкции необходимой жесткости были изготовлены рамы из деревянных реек и брусков, обтянутые специальной тканью, предотвращающей проникновение частиц ваты в помещение.

Расположение поглотителей в углах помещения имеет несколько преимуществ: во-первых, это наименее используемое пространство

в помещении, которое обычно и без того пустует, поэтому им не жалко пожертвовать. Во-вторых, в углах помещения скапливается особенно много низкочастотной энергии, так как они представляют собой точку, где сходятся несколько поверхностей помещения (две стены, пол и потолок). В-третьих, в углу комнаты поглотитель можно максимально эффективно «отодвинуть» от стены и увеличить его толщину и массу, что положительно сказывается на поглощении низких частот и предотвращает гудение на басовых нотах.

Последним поглощающим элементом стал передвижной модуль, постоянным местом дислокации которого будет пространство перед окном. Это поможет избежать нежелательных отражений и приблизиться к концепции LEDE во фронтальной части комнаты.

Обладая довольно внушительными размерами (2040 × 1840 × 100 мм) и, соответственно, немалой площадью (3,6 м<sup>2</sup>), этот модуль играет также существенную роль в снижении общего времени реверберации в помещении до целевых 0,2 секунды.

Разобравшись с поглощением, теперь мы можем перейти к следующему элементу разработанной нами рабочей концепции.

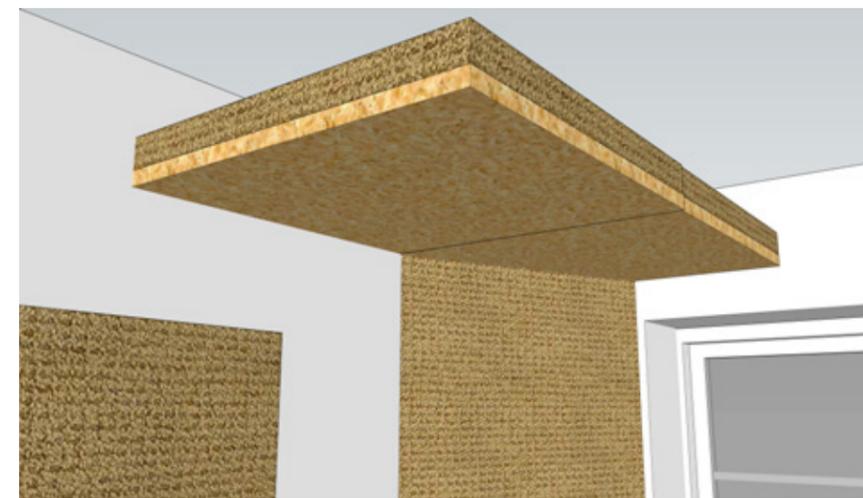


Рис. 7 — Потолок из плит Heradesign Superfine 25 с относом 20 см и слоем минеральной ваты AcousticWool Sonet P 50 мм

Потолок	Кол-во	Габариты, мм			Площадь м <sup>2</sup>	Монтаж с относом, мм
		длина	ширина	толщина		
	1	5550	2700		17,52	200
Необходимый материал						
Плита из минеральной ваты 48 кг/м <sup>3</sup>	29,2	Габариты, мм				
		длина	ширина	толщина		
		1000	600	50		
Гипсокартон Knauf Diamant						
		600	600	25		

Угловой поглотитель	Кол-во	Габариты, мм				Площадь, м <sup>2</sup>	Общая площадь, м <sup>2</sup>
		сторона а	сторона б	сторона с	высота		
	4	250	600	650	2200	1,43	5,72
Необходимый материал							
Плита из минеральной ваты 48 кг /м <sup>3</sup>	12	Габариты, мм					
		длина	ширина	толщина			
		1000	600	100			

Панель D	Кол-во	Габариты, мм			Площадь, м <sup>2</sup>	Общая Площадь, м <sup>2</sup>
		ширина	толщина	высота		
	1	1800	100	2000	3,6	3,6
Необходимый материал						
Плита из минеральной ваты 80 кг/м <sup>3</sup>	6	Габариты, мм				
		длина	ширина	толщина		
		1000	600	100		
Деревянные рейки	2	2040	100	20		
	2	1800	100	20		

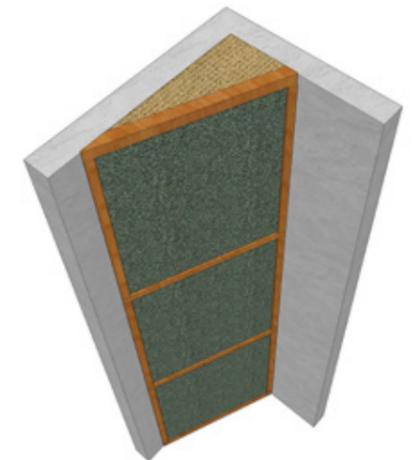


Рис. 8 — Угловой поглотитель (Super Chunk)



Рис. 9 — Передвижная поглощающая панель D

## Рассеивание

Рассеивание акустической энергии, то есть ее перераспределение по большей площади, способствует образованию более равномерного поля, в котором в идеале отсутствуют ярко выраженные сгустки энергии в узком диапазоне частот. В силу этих способностей рассеивание часто применяют для снижения интенсивности ранних отражений от поверхностей помещения. Разумеется, от них можно избавиться посредством применения поглощения, однако в отражениях содержится масса полезной информации, в которой наш мозг нуждается для пространственного анализа. Ослабив их интенсивность на 20 дБ относительно уровня прямого сигнала, мы избегаем от опасности возникновения эффекта гребенчатой фильтрации и при этом сохраняем содержащуюся в них полезную информацию.

В рамках данного проекта было принято решение использовать рассеивание на боковых и задней стенах, а также над зоной прослушивания. Поскольку зона прослушивания находится довольно близко к боковым стенам, то применение в этих местах классических QRD-диффузоров может повлечь за собой возникновение нежелательных артефактов. Для правильной работы рассеивателя такого типа необходимо определенное минимальное расстояние, которое можно легко определить, зная нижнюю рабочую частоту рассеивателя  $(344/F) \times 3$ . Это означает, что, например, для частоты 800 Гц удаление зоны прослушивания от рассеивателя должно составлять не менее 1,29 м.

Исходя из этих и следующих ниже соображений в зонах первичных отражений и несколько позади них на правой и левой стене было принято решение использовать модифицированную версию QRD диффузора — фрактальный рассеиватель.

Его преимущества заключаются в несколько более широком рабочем частотном диапазоне и более компактных габаритах. Принцип его действия можно сравнить с двухполосной акустической системой, в которой один элемент (вуфер) отвечает за воспроизведение низкочастотного диапазона, а другой (твитер) за высокочастотную составляющую. Такая конструкция имеет более высокую эффективность и коэффициент полезного действия. Кроме того, фрактальные рассеиватели менее требовательны к соблюдению вышеупомянутого правила минимального расстояния и имеют более привлекательную эстетику, что тоже немаловажно при проектировании помещений. В таблице ниже приведены необходимые материалы с размерами отдельных элементов.

Расположив по два из них, габариты каждого из которых составляют 1200 × 441 × 113 мм, на правой и левой стене на полпути между источником звука и слушателем, я смог обеспечить эффективное рассеивание первичных

отражений в горизонтальной плоскости и снизить их интенсивность в соответствующем диапазоне частот более чем на 18 дБ. Фрактальные рассеиватели были изготовлены из ольхи, заранее просушенной в специализированных камерах, чтобы дерево не давало усадки. Впоследствии вся конструкция была покрыта тонким слоем лака на водной основе Pinotex Lacker Aqua для защиты от влаги и пе-

возможность возникновения нежелательных артефактов и делает их месторасположение идеальным для данной комнаты.

Дополнительным и последним рассеивающим элементом послужил диффузор типа Skyline, располагающийся непосредственно над зоной прослушивания и призванный рассеивать первичные отражения от потолка, которые не были поглощены плитами Heradesign.

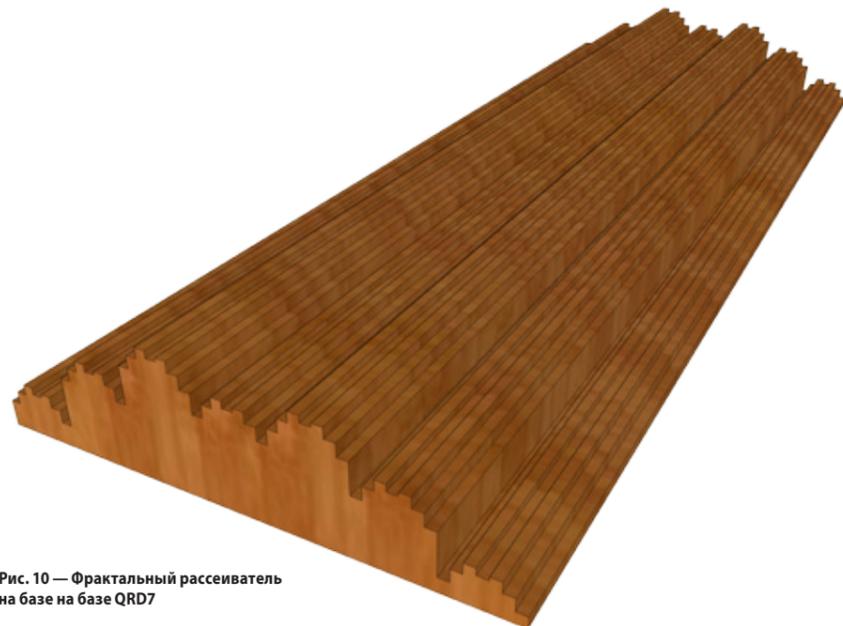


Рис. 10 — Фрактальный рассеиватель на базе на базе QRD7

Основание					
Материал	Габариты, мм			Шт.	Всего шт.
	длина	ширина	высота		
фанера	1200	441	10	1	4
НЧ модуль					
рейки	1200	63	10	1	4
	1200	63	40	1	4
	1200	63	50	1	4
	1200	63	60	1	4
	1200	63	70	1	4
ВЧ модуль					
рейки	1200	9	3	7	28
	1200	9	11	7	28
	1200	9	14	7	28
	1200	9	17	7	28
	1200	9	23	7	28

репадов температуры в помещении.

На задней же стене, наиболее удаленной от зоны прослушивания, было решено расположить четыре рассеивающих элемента типа Omnidifuser (см. рисунок 11), каждый из которых имеет следующие габариты: 648 × 648 × 106 мм. Несмотря на компактные размеры, эти рассеиватели имеют хорошие акустические показатели и добросовестно «разбивают» частоты вплоть до низкой середины (300–500 Гц). Относительно большое расстояние от них до зоны прослушивания исключает

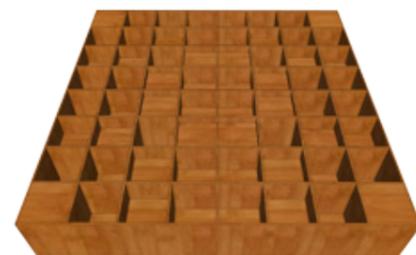


Рис. 11 — Рассеиватель типа Omnidifuser

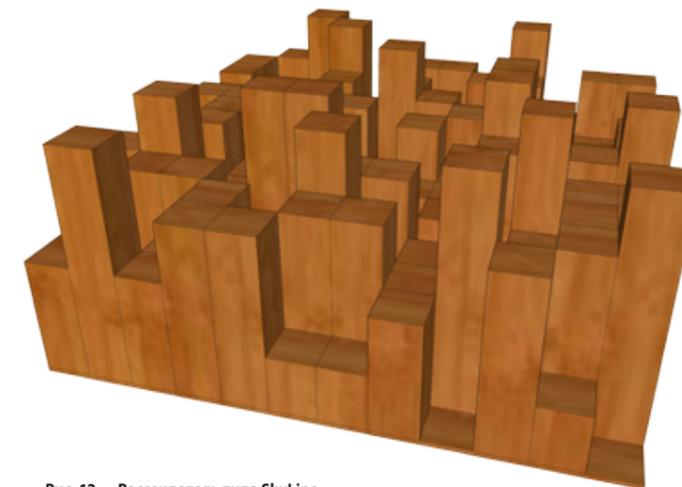


Рис. 12 — Рассеиватель типа SkyLine



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	0	150	200	50	100	150	150	50	200	100	150	150
2	150	0	50	200	100	50	50	150	150	100	50	50
3	150	50	50	150	50	150	100	100	50	0	100	100
4	100	100	100	100	0	200	150	100	150	100	50	50
5	150	150	50	50	150	50	50	150	200	150	50	150
6	100	150	100	50	100	0	150	100	200	100	50	0
7	100	150	100	50	150	50	100	100	150	50	150	200
8	100	0	100	200	200	0	50	100	50	200	100	100
9	150	200	50	0	50	150	150	50	0	100	150	150
10	50	150	150	50	100	200	50	100	0	50	150	50
11	100	50	100	150	50	150	150	100	200	100	150	200
12	100	200	100	150	150	50	50	100	0	150	50	0

Преимущество рассеивателей этого типа, как, впрочем, и вышеупомянутого Omnifuser, состоит в том, что рассеивание звука происходит в двух плоскостях одновременно (поэтому они относятся к группе 2D-диффузоров). Учитывая месторасположение — практически над зоной прослушивания, это качество становится особенно важным. Именно поэтому этот тип и был выбран в процессе проектирования. Имея довольно внушительную длину (96 см) и ширину (48 см), он покрывает кри-

стическую зону между слушателем и источником звука, будучи закрепленным на потолке. В таблице ниже приведены высота каждого из элементов и их порядковое расположение на основании.

Рассеиватель расположен с отступом от потолка, и его обратная сторона, то есть основание, отделана поглощающим материалом, чтобы гасить энергию резонансов, которые могли бы возникать между рассеивателем и потолком.

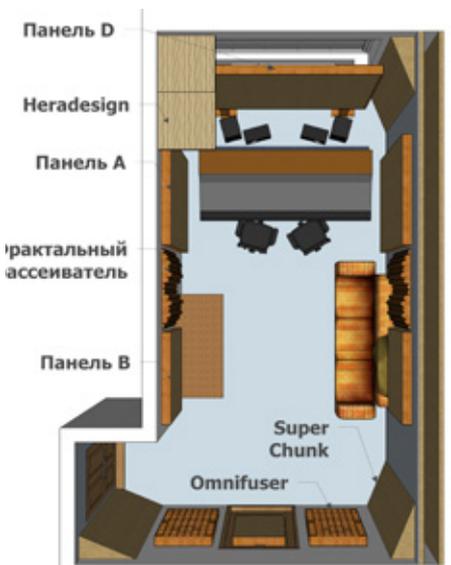
На первый взгляд, такое количество рассеивателей в довольно небольшой комнате может показаться чрезмерным. Однако не стоит забывать, что более 35 м<sup>2</sup> всех площадей помещения покрыты поглощающими материалами. Дополнительной причиной столь интенсивного применения рассеивания было желание заказчика избежать сухого звучания, сохранив при этом такие важные критерии, как объективность звучания помещения и комфортабельность работы в нем на протяжении длительного времени.

## Что дальше?

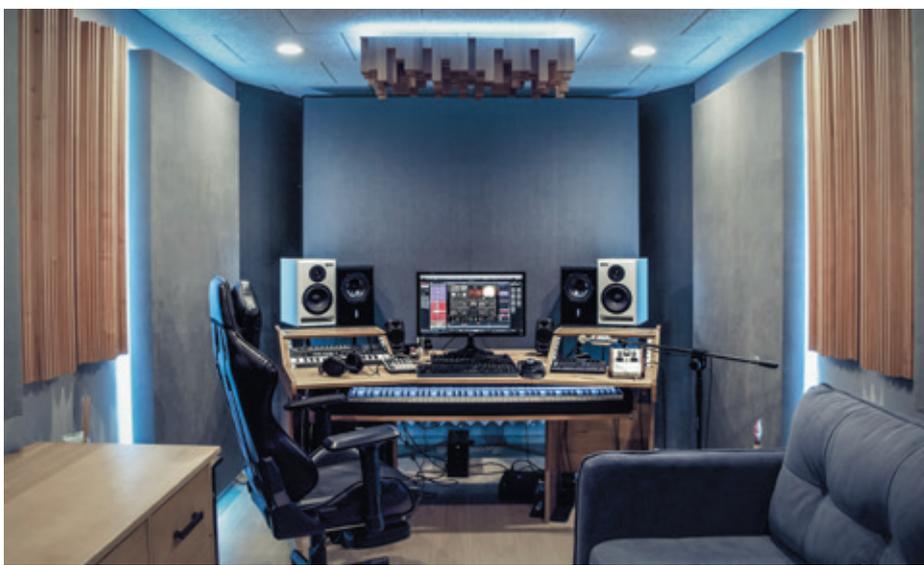
Я предоставил Олегу детальные чертежи отдельных модулей с указанием всех размеров, перечнем необходимых материалов и точным месторасположением каждого отдельного модуля в помещении. Все работы по изготовлению и сборке, а также монтаж в предусмотренных

местах производились Олегом и его командой на месте в тесном контакте со мной. Весь проект вместо запланированных 2–3 месяцев занял почти полгода и несколько превысил заранее запланированный бюджет, однако даже с учетом этого в итоге вышел на порядок дешевле,

чем сравнимые по масштабам и объему работ проекты, в которых мне приводилось принимать участие (в основном в Германии). В большей степени это, конечно, обусловлено более низкими ценами на исходные материалы и работу плотников и строителей.



Рендеры 3D-модели помещения с акустическим оформлением



Студия Олега Ершова после ремонта

## Результат

**По завершению всех работ были произведены окончательные акустические измерения и многочисленные тесты на аудиоматериале. Результат оказался более чем приемлемым, и, по словам самого Олега, миксы стали сводиться гораздо быстрее, а переносимость их звучания на других системах и в иных условиях значительно выросла. Кроме того, комфортабельность работы в новых условиях позволяет продуктивно работать на протяжении более длительного времени, чем раньше.**

### 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](http://www.yoursoundpath.com)

[www.youtube.com/yoursoundpath](https://www.youtube.com/yoursoundpath)

[www.facebook.com/yoursoundpath](https://www.facebook.com/yoursoundpath)

[www.vk.com/yoursoundpath](https://www.vk.com/yoursoundpath)