



ACOUSTIC SHIELD

акустическое проектирование · Москва · acousticshield.ru · +7 (916) 160-20-58

ПРОЕКТ АКУСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Капотня 24

комната прослушивания 17,5 м²

комната 5,0 × 3,5 × 2,7 м с одним окном · от гулкой коробки $\approx 1,9$ с до международной студийной нормы · расчёт, размещение, спецификация, требования к ремонту, контроль результата

Задача

привести комнату к международной студийной норме времени затухания $0,23 \pm 0,05$ с

Старт

голая комната, по расчёту $\approx 1,9$ с, гул на сближенных резонансах, звонкое эхо

Результат проекта

$\approx 0,27$ с по модели, 36 изделий, каждое в расчётной точке с привязкой в миллиметрах

Помещение

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
размеры	5 000 × 3 500 × 2 700 мм
площадь · объём	17,5 м ² · ≈ 47 м ³
проёмы	одно окно 1 600 мм на длинной стене
старт без обработки	≈ 1,9 с, по Сэбину при коэффициенте поглощения голых поверхностей 0,05
цель	0,23 ± 0,05 с, международная студийная норма

Собственные резонансы (моды)

ОСЬ	ЧАСТОТЫ
длина 5,0 м	34 · 69 · 103 Гц
ширина 3,5 м	49 · 98 Гц
высота 2,7 м	64 · 127 Гц

Пара 64 + 69 Гц сближена: резонансы высоты и длины складываются, именно здесь комната будет гудеть сильнее всего. Известно до единого замера, только по размерам.

Бюджет поглощения

Формула Сэбина: $RT = 0,161 \cdot V / A$. Для 47,2 м³ цель 0,23 с требует **A ≈ 33,1 м²**.
Голая комната даёт ≈ 4,0 м². Собираем недостающее по позициям.

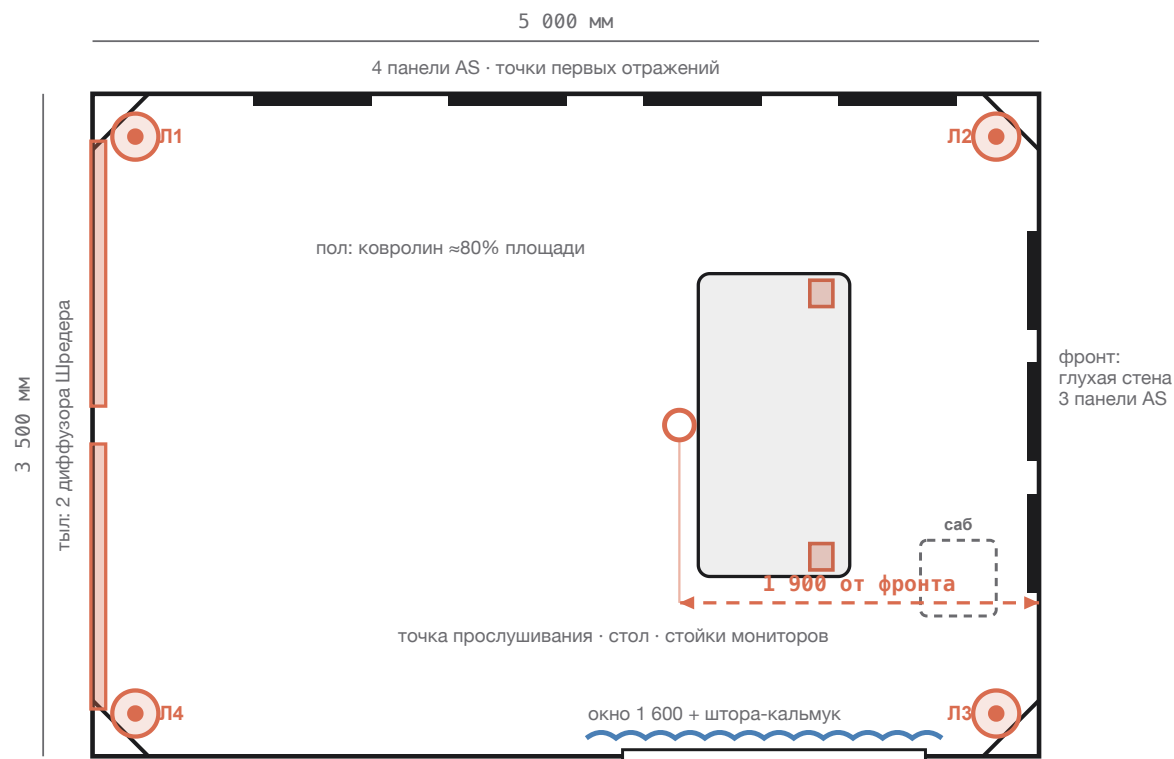
ЧТО РАБОТАЕТ	ПЛОЩАДЬ, м ²	A	ВКЛАД
ковролин на полу	15,0	0,35	5,2
потолочные панели AS	10,4	0,90	9,3
настенные панели AS	5,8	0,90	5,3
ловушки Tube Trap (8 шт)	4,3	0,85	3,6
штора-кальмук по окну	3,7	0,70	2,6
диффузоры Шредера (2 шт)	1,9	0,15	0,3
открытые стены, потолок, пол	44,1	0,05	2,2
итого A			28,6

Отсюда **RT = 0,27 с**, внутри допуска нормы 0,23 ± 0,05.

Что из этого следует

гул 64-69 Гц лечится только в зонах максимального давления, это углы → скосы + ловушки

первые отражения потолка и боковых стен → панели в зеркальных точках
окно вернёт середину и верх → штора по проёму
слушателя надо вывести из ям и горбов → расчётная точка на 38% длины



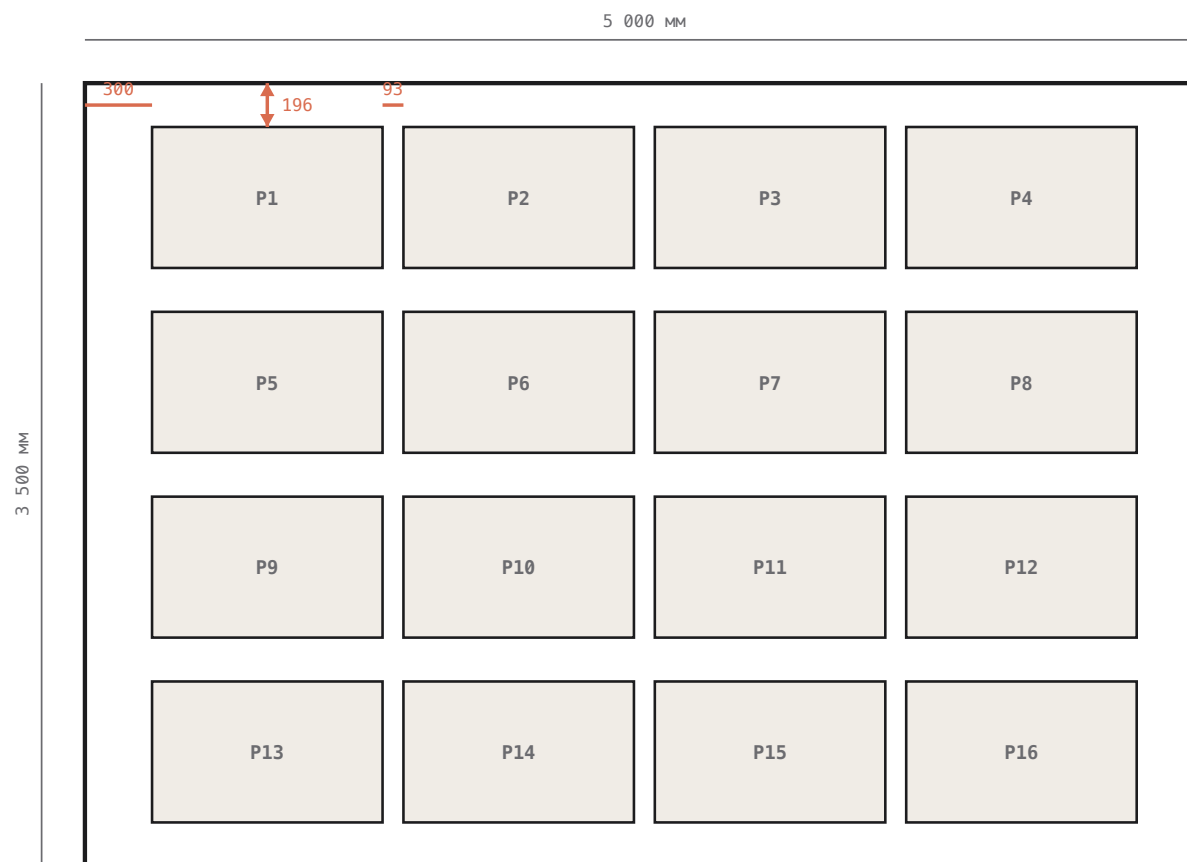
• **стопки ловушек Л1-Л4**, в каждой 2 цилиндра Ø400+Ø300, итого 8 · углы со скосом 300 мм — **настенные панели 9 шт**: фронт 3 · левая 4 на точках первых отражений · правая 2 до окна (лист 5) ~ **штора по окну**

○ точка прослушивания 1 900 мм от фронта · стол и стойки мониторов симметрично оси · пунктир = зона саба, место по замеру

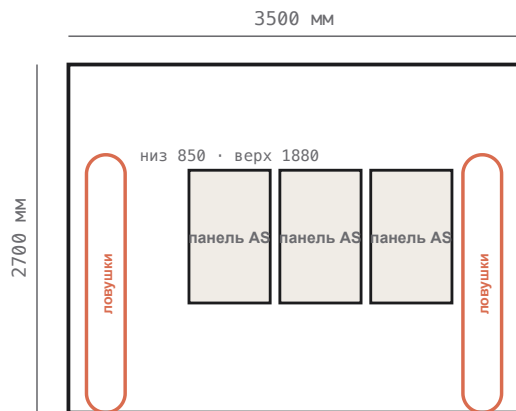
Почему рабочее место именно здесь

На 38% длины провалы и горбы мод выражены слабее всего, слушатель уходит из ям по низу. Вплотную к стене садиться нельзя, у стены давление баса максимальное. Справа окно закрыто шторой, слева точки первых отражений закрыты панелями, фронт глухой. Зона подстройки ±300 мм с шагом 100, финальное положение проверяется на слух и замером.

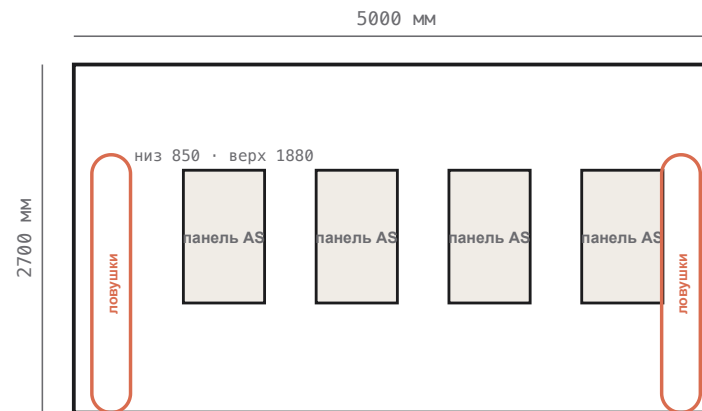
сетка 4×4 над рабочей зоной · закрывает первые отражения

**Проверка габаритов и крепление**

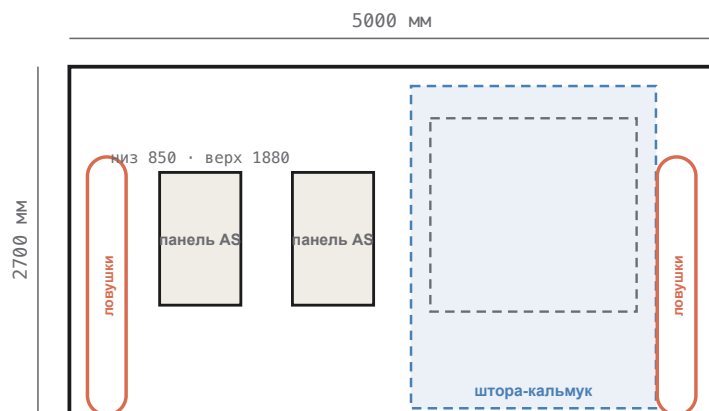
По длине $300 + 4 \times 1030 + 3 \times 93 + 300 = 5\,000$ мм, по ширине $4 \times 630 + 5 \times 196 = 3\,500$ мм, сетка сходится в комнату с равными зазорами. 16 панелей P1-P16, каждая $1030 \times 630 \times 100$, ≈ 7 кг, на 4 крючках из комплекта, закладные в потолке по этой раскладке. Сетка накрывает точки первых отражений от потолка и зону прослушивания, между панелями остаётся место под светильники.

Фронт · глухая стена перед слушателем · 3 500 мм

3 панели вертикально, ось на высоте уха · в углах видны стопки Л12 и Л13, те же, что на плане

Левая стена · глухая · 5 000 мм

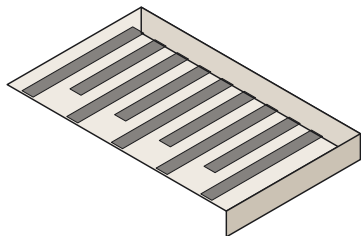
4 панели накрывают зону первых отражений расчётные точки 3 873 и 4 331 мм от тыла · низ 850 ось на высоте уха

Правая стена · окно · 5 000 мм

2 панели зеркально левой стене · окно на точке отражения закрыто шторой-кальмук, вынос ≥ 150 мм, задвигается на время работы

Логика развёрток

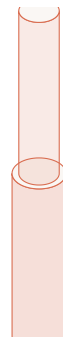
Каждый угол виден с двух соседних стен, поэтому стопки Л1-Л4 повторяются на листах, физически их четыре. Панели стоят только там, где звук от колонок реально отражается в сторону уха, остальная площадь стен остаётся свободной для жизни и интерьера. Боковые стены обработаны симметрично: справа зону первого отражения перекрывает окно со шторой, слева на тех же координатах стоит ряд панелей. Если бы слева ничего не стояло, левое ухо получало бы сильное раннее отражение, а правое нет, и стереокартина уехала бы в сторону. Тыльную стену держат диффузоры.



1030 × 630 × 100 мм · ≈7 кг

Панель акустическая AS

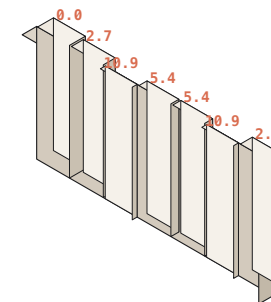
Наполнитель хлопковая вата 5 см плотностью 60 кг/м³ плюс воздушный зазор, общая глубина 100 мм. Лицевая часть с прорезями, открытая площадь ≈30%, поэтому панель одновременно поглощает и рассеивает, комната не становится «ватной». Вес ≈7 кг, вешается на 4 крючка из комплекта.



Ø400 + Ø300 × 1000 мм · высота стопки 2 000

Басовая ловушка Tube Trap

Цилиндр из эко-базальта, корпус цельный, без металлокаркаса, поэтому на громком басы ничего не звенит и сверху спокойно стоят мониторы. Ставится стопкой Ø400 снизу и Ø300 сверху в угол, где давление баса максимально. Монтажа не требует.



1400 × 680 × 160 мм · цифры = глубина колодца, см

Диффузор Шредера QRD

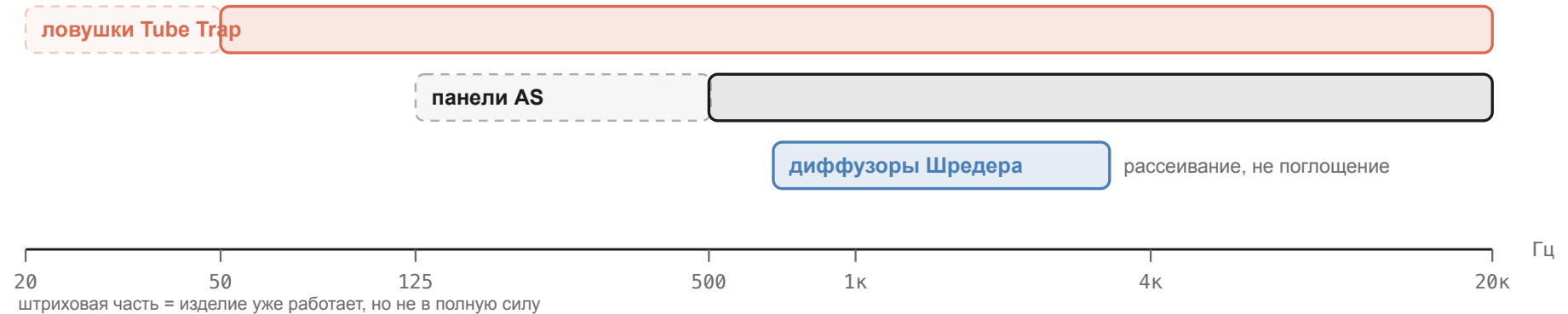
Ряд колодцев разной глубины, звук выходит из них со сдвигом фаз и рассеивается во все стороны, без отражения в лоб к слушателю. Полностью на склейке, металла в сборке нет, стоит на колёсиках со стопорами. Отделка шпоном американского ореха.

Расчёт диффузора для этой комнаты

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
порядок последовательности N	7
проектная частота Fo	900 Гц
длина волны $\lambda_0 = c / F_0$	381 мм
рабочий диапазон	675 – 3 284 Гц
ширина колодца	52 мм
глубины колодцев d(n)	0 · 27 · 109 · 54 · 54 · 109 · 27 мм

Глубина каждого колодца считается по формуле Шредера $d(n) = (n^2 \bmod N) \cdot \lambda_0 / (2N)$, где n это номер колодца. Для проектной частоты 900 Гц длина волны выходит 381 мм, и набор глубин получается сам собой, без подгонки на глаз. Модель на этом листе построена ровно по этим числам, колодцы на рисунке и в таблице это одни и те же значения. Дешёвые диффузоры с размерами на глаз дают подкраску и отражение вместо объёма.

В этой комнате диффузоры встают на тыльную стену за слушателем. Расстояние от точки прослушивания до них **3,1 м**, при минимально нужных 1,5 м рассеянному полю хватает места собраться в ровный объём.



Коэффициент поглощения по октавам

ИЗДЕЛИЕ	125	250	500	1К	2К	4К
панель AS	0,30	0,61	0,88	0,95	0,85	0,92
ловушка Tube Trap	0,55	0,75	0,85	0,85	0,80	0,75

Диффузор в этой таблице не участвует, он звук не поглощает, а рассеивает в диапазоне 675 – 3 284 Гц.

Панель посчитана по модели пористого слоя с переносом импеданса через воздушный зазор. Профиль ловушки оценён по геометрии цилиндра и подтверждён практикой. Единица означает полное поглощение, ноль полное отражение.

Как это читается для комнаты

Ниже 50 Гц работают только ловушки в углах, и работают мягко, это физический предел для изделий такого габарита.

От 125 Гц подключаются панели, а с 500 Гц они забирают почти всё, что до них долетает.

С 675 до 3 284 Гц диффузоры возвращают часть энергии обратно в комнату рассеянной, чтобы не получить глухой звук.

Выше 4 кГц работает всё сразу, включая ковровлин и шторы.

Почему нельзя просто добавить побольше

Ловушки глушат не только низ, середину и верх тоже. Если наращивать ловушки и панели одновременно, суммарное поглощение уходит за нижнюю границу нормы, и комната становится глухой. Поэтому состав считается под цифру, а рассеивание закладывается отдельно.

№	ПОЗИЦИЯ	ГАБАРИТЫ, ММ	КОЛ- ВО	РАЗМЕЩЕНИЕ	КРЕПЛЕНИЕ
1	Панель акустическая AS (потолочная)	1030 × 630 × 100	16	потолок, сетка 4×4 (лист 4)	4 крючка/панель в комплекте · панель ≈7 кг, закладные по раскладке
2	Панель акустическая AS (настенная)	1030 × 630 × 100	9	фронт 3 · левая стена 4 · правая 2 (лист 5)	мебельные ушки + 2 дюбеля по материалу стены
3	Ловушка басовая Tube Trap Ø400	Ø400 × 1000	4	низ стопки, 4 скошенных угла	без крепления, на пол
4	Ловушка басовая Tube Trap Ø300	Ø300 × 1000	4	верх стопки (h стопки 2 000)	устанавливается на Ø400
5	Штора акустическая (кальмук)	полотно по проёму	1	окно на правой стене	карниз, шаг крепежа 500 мм, вынос ≥150 мм
6	Диффузор Шредера QRD (7-й порядок)	1400 × 680 × 160	2	тыльная стена за слушателем, дистанция 3,1 м	напольный, на колёсиках со стопорами, без монтажа
7	Ковролин	≈80% площади	1	пол рабочей зоны и зоны прослушивания	обычная укладка, силами заказчика

Акустические характеристики изделий

ИЗДЕЛИЕ	ЧТО ДЕЛАЕТ И В КАКОМ ДИАПАЗОНЕ
панель AS	наполнитель хлопковая вата 5 см плотностью 60 кг/м³ + воздушный зазор, общая глубина 100 мм · начинает работать примерно от 125 Гц, уверенно гасит средние и высокие, ранние отражения и эхо · лицевой рисунок дополнительно рассеивает звук, панель работает на поглощение и диффузию одновременно
ловушка Tube Trap	корпус эко-базальт, цельный, без металлокаркаса, сверху можно ставить мониторы · гасит бас на перепаде давления, забирать начинает уже с 20 Гц (на самом низу эффект небольшой, в полную силу выходит выше) · снимает гул, комнатные моды и басовые хвосты, в этой комнате это пара 64+69 Гц
штора кальмук	специализированная акустическая ткань 517 г/м² · закрывает стекло, главный отражатель средних и высоких · вынос от стены ≥150 мм это паспортное условие работы ткани
диффузор Шредера	ряд колодцев разной глубины, звук выходит со сдвигом фаз и рассеивается во все стороны · рабочий диапазон 675–3284 Гц · не глушит, а возвращает объём и глубину сцены, расширяет зону хорошего звука · корпус на клейке, без металла в сборке
ковролин	смягчает отражение пол-потолок в рабочей зоне и добирает поглощение по верху

1 · Углы

Скос всех четырёх вертикальных углов, катет 300 мм, от пола до потолка. Каркас с заполнением минеральной ватой, зашивка ГКЛ. Выполняется до чистовой отделки. В каждый скошенный угол встаёт стопка ловушек Ø400 + Ø300 (лист 3).

2 · Потолок

Гипсокартон над рабочей зоной, 16 панелей подвешиваются к потолку сеткой по листу 4. Натяжное полотно в этой зоне исключено, подвешивать к нему нечего. Под точки подвеса закладные или крепёж по материалу потолка, 4 точки на панель, панель ≈7 кг. Светильники ставятся в зазоры между панелями.

3 · Окно

Ниша под скрытый потолочный карниз над проёмом или закладная под накладной карниз, до чистового потолка. Шаг крепежа карниза 500 мм, вынос полотна от стекла ≥150 мм.

4 · Стены

Под настенные панели основа в точках крепления по развёрткам листа 5, низ ряда 850 мм от чистого пола. Розетки и выключатели выносятся из зон панелей.

5 · Электрика и слаботочные линии

Акустический кабель от места усилителя до каждой колонки, с запасом по длине.

Сигнальный кабель и розетка под сабвуфер в двух-трёх точках вдоль фронтальной стены. Точное место саба подбирается по замеру (лист 11).

Отдельная линия питания на всю звуковую технику: усилитель, источник, сабвуфер.

Одна точка заземления и никакой импульсной нагрузки на линии (драйверы подсветки, бытовая техника), фон в тракте не появляется.

Блок розеток 4–6 шт у стойки и рабочего места.

Звуковые линии не прокладываются одним пучком с LED-лентами и шинопроводом, пересечения под прямым углом.

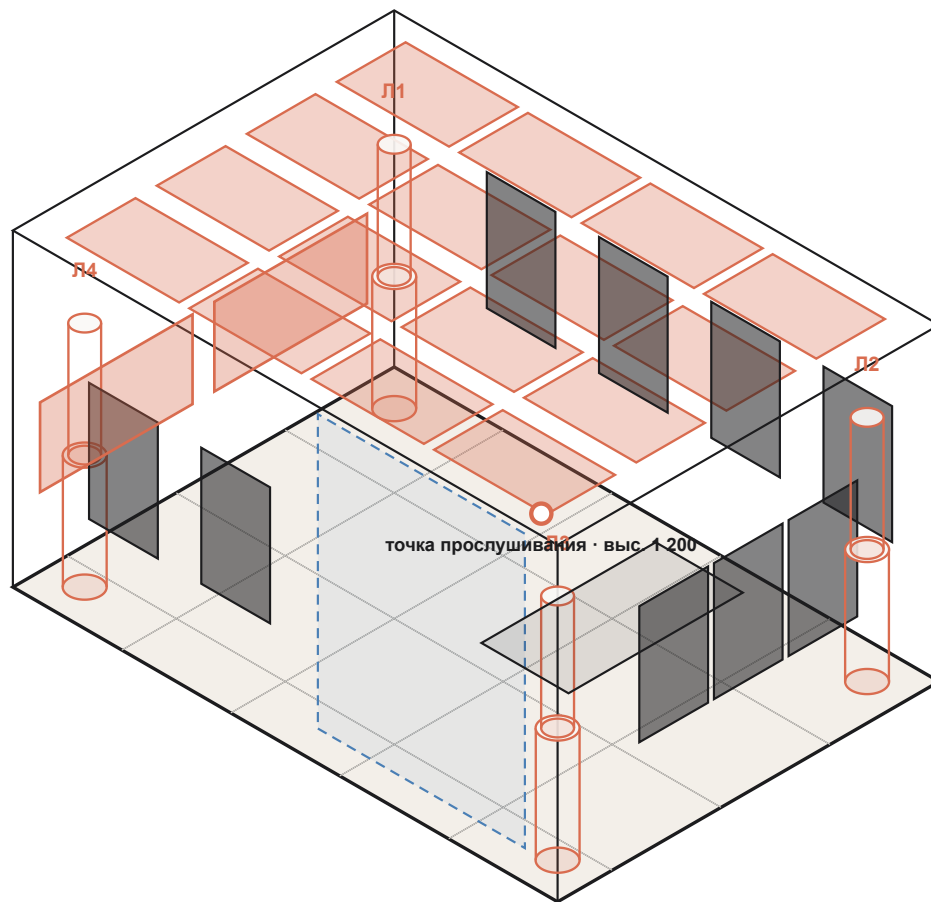
Пустая гофра по всем звуковым трассам в запас, чтобы кабель перетягивался без штробления.

Порядок работ

черновая электрика и гофра → скосы углов → потолок ГКЛ с закладными и ниша карниза → чистовая отделка → ковролин → изделия заносятся последними, после пыльных работ

Границы

Каркасы, узлы, примыкания и нагрузки проектирует и выполняет подрядчик заказчика. Настоящий комплект задаёт размещение, габариты и требования. Окна и несущие стены не затрагиваются.

**Состав проекта · 36 изделий****16** потолочных панелей сеткой 4×4**9** настенных панелей (3 фронт · 4 слева · 2 справа)**8** басовых ловушек Tube Trap (4 стопки Ø400+Ø300)**2** диффузора Шредера на тыльной стене**1** штора-кальмук по окну

ковролин ≈80% площади пола

скос всех 4 углов, катет 300 мм, на всю высоту

Что делает каждый элемент

углы и ловушки держат низ, гасят гул 64-69 Гц и басовые хвосты

потолок и стены убирают первые отражения, картина становится точной

диффузоры сзади возвращают объём и

глубину, комната не глухая

штора выключает стекло из игры

вместе они дают ≈ 28,6 м² поглощения при цели 33,1

Прогноз по модели $s \approx 1,9$ с комната приходит к $\approx 0,27$ с, внутри допуска студийной нормы.

Финальная сверка контрольным замером REW после монтажа.



Целевые параметры проекта

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЦЕЛЬ	ДОПУСК
время затухания, 500 Гц – 4 кГц	0,23 с	$\pm 0,05$ с
полоса 200 – 500 Гц	к 0,23 с	плавный подъём до +0,10 с
ниже 200 Гц	к 0,23 с	превышение до 25%, предел габаритов НЧ-поглотителей
на слух	речь и вокал без хвоста, бас без гудения на паре 64 и 69 Гц	оценка в точке прослушивания

Как выполняется контрольный замер

1. Измерительный USB-микрофон и бесплатная программа REW на ноутбуке.
2. Микрофон в точке прослушивания, высота 1 200 мм от пола.
3. Замер до установки изделий и после монтажа, одинаковая точка и громкость.
4. Смотрим водопад 20 – 300 Гц и время затухания в средней полосе.
5. Файлы читаем вместе и сверяем с таблицей целевых параметров.

Почему замер делает заказчик

Комната считается по геометрии, для расчёта приезд не нужен. Контрольный замер вашим микрофоном в вашей комнате это объективная проверка без командировочных расходов. Так мы ведём проекты в других городах, Казахстане и Беларуси. Выезд возможен отдельной услугой.

Что уточняется после монтажа

Позиция стола внутри зоны подстройки ± 300 мм, шаг 100 мм, каждый шаг проверяется на слух или повторным замером. Место саба подбирается вдоль фронтальной стены по замеру. Опция двух диффузоров в нише решается по итогам первого замера.

Сопровождение

Консультации по вопросам проекта в период работ на объекте, разбор замеров и корректировка позиций по их итогам входят в проект.



ACOUSTIC SHIELD

акустическое проектирование · Москва

Такой же проект для своей комнаты

Это демо-проект на 11 листах. Реальный проект собирается под конкретную комнату и задачу. Комната прослушивания с hi-end системой, домашний кинозал, студия записи или гостиная, состав документа подстраивается под неё.

ЧТО ДОБАВЛЯЕТСЯ ПО ЗАДАЧЕ

Работа с дизайнером и строителями

Отвечаем на их вопросы по проекту, чтобы ремонт и акустика не спорили друг с другом.

Лист монтажа для бригады

Высоты, крепёж и привязки по каждому изделию. Монтажник ставит всё без звонков по мелочам.

Изделия под интерьер

Панели, ловушки и диффузоры производим сами в Москве. Порода дерева и цвет ткани подбираем под комнату.

С чего начать

Пришлите размеры и пару фото комнаты. Бесплатно скажем, где основная проблема и что можно сделать.

Telegram @sknwork

+7 (916) 160-20-58

acousticshield.ru

разборы комнат и советы в канале @acousticshield