

не знаю, насколько мой материал поможет практически, но возможно кому то и сгодиться :).

прежде чем говорить об акустике контрольных комнат надо вспомнить базовые понятия о распространении звуковых волн.

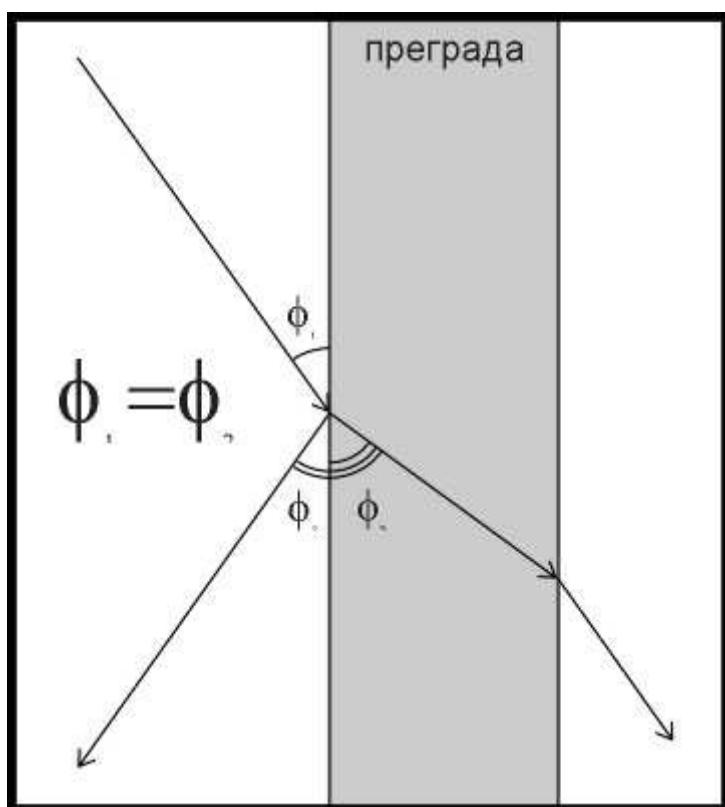
1. скорость звука в воздухе при температуре 15гр и давлении в 760мм рт.ст составляет примерно 340 м/с.

2. как ведет себя звуковая волна на границе раздела сред (допустим воздуха и бетонной стены).

а) часть энергии звуковой волны отражается от границы раздела сред, при этом угол падения равен углу отражения.

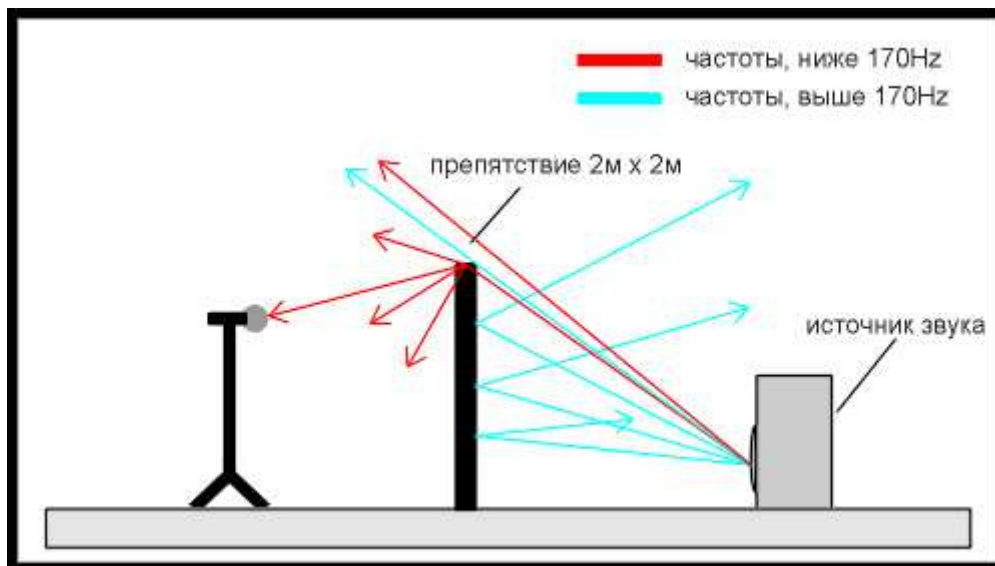
б) оставшаяся часть энергии проникает внутрь второй среды (стены) при этом меняя направление (преломляясь).

в) разница между отраженной и прошедшей внутрь энергией ЗВ пропорциональна разнице удельных плотностей сред. то есть чем более твердая (тяжелая) будет стена, тем больше энергии отразится (бетонная стена почти все отразит назад в комнату)



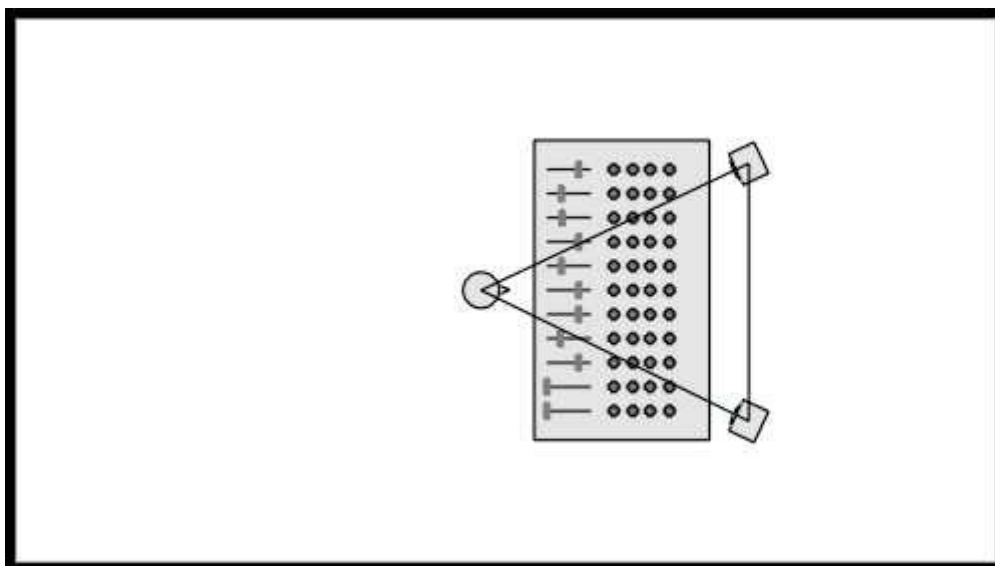
также нам будет интересно явление дифракции - огибания волной препятствия с линейными размерами сравнимого или менее длины волны.

допустим мы поставим между источником звука и микрофоном препятствие в виде стены размером 2х2м. частота, которой будет соответствовать длина волны в 2м составит $340/2 = 170\text{Hz}$. соответственно наша стена будет создавать "акустическую тень" для частот выше 170Hz, а частоты ниже 170Hz будут эту стену огибать.



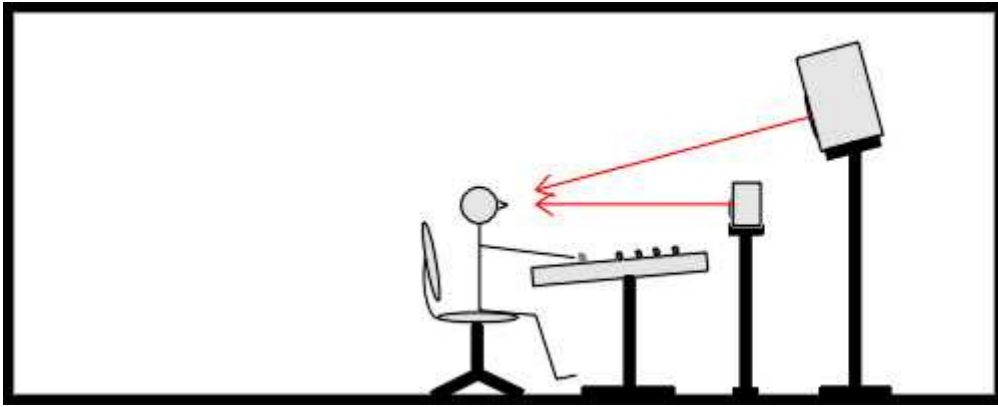
собственно это к тому, что наша колонка размерами 40x30x20см будет иметь направленное звучание примерно до частоты $430/0,2 = 2150\text{Hz}$. более низкие частоты будут "разлетаться" во все стороны.

теперь об акустике контрольной комнаты. во первых начнем с правильной расстановки мониторов. чтобы корректно слушать стерео нам необходимо чтобы расстояние от слушателя до колонок и расстояние между колонками были равны.

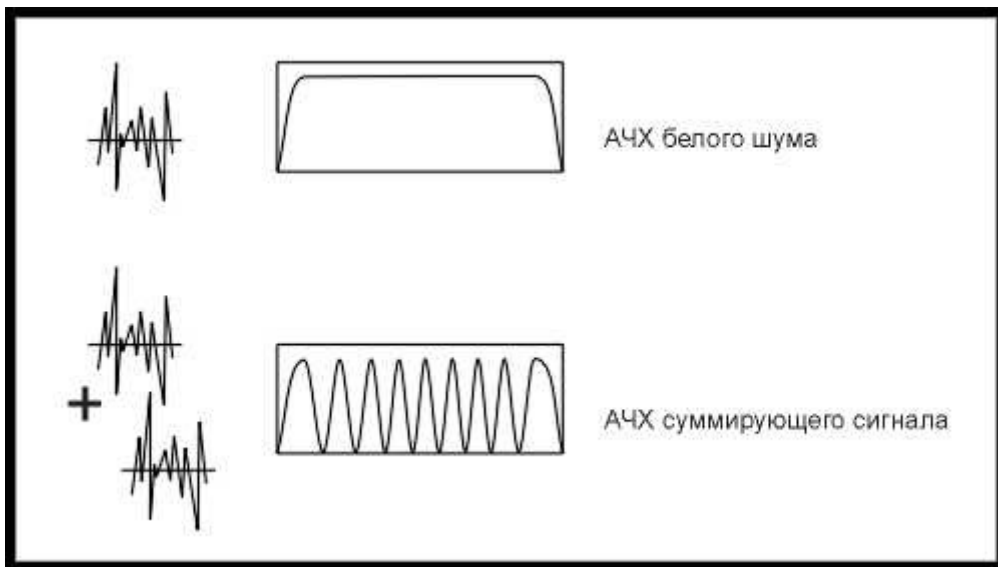


то есть должен получиться равносторонний треугольник. если мы начнем нарушать это правило, то панорама будет восприниматься слушателем не совсем корректно. еще есть минимальное расстояние от колонок до слушателя (обычно его указывают в паспорте на акустику). связано это с габаритами и многополосностью колонок (расстоянием между динамиками). и если большие колонки слушать очень близко, то звук "не успевает сформировываться".

по высоте колонки должны быть или на уровне головы, или (если они устанавливаются выше), должны быть наклонены к слушателю. это связано с направленностью звучания ВЧ динамиков.

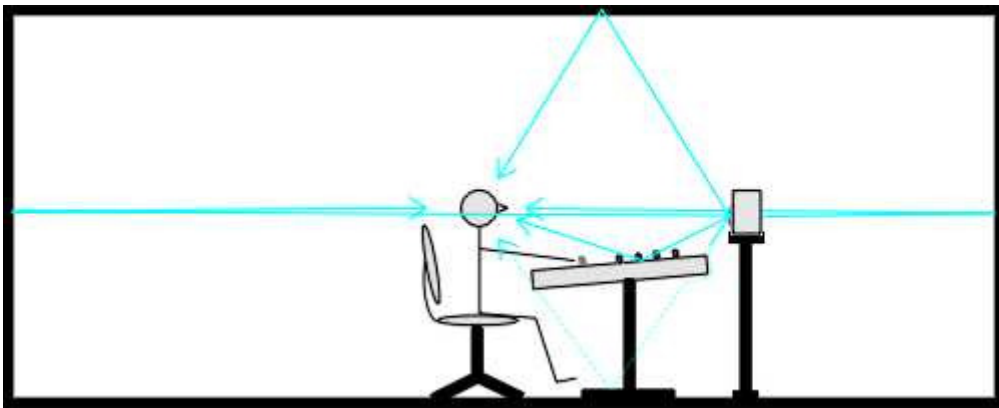
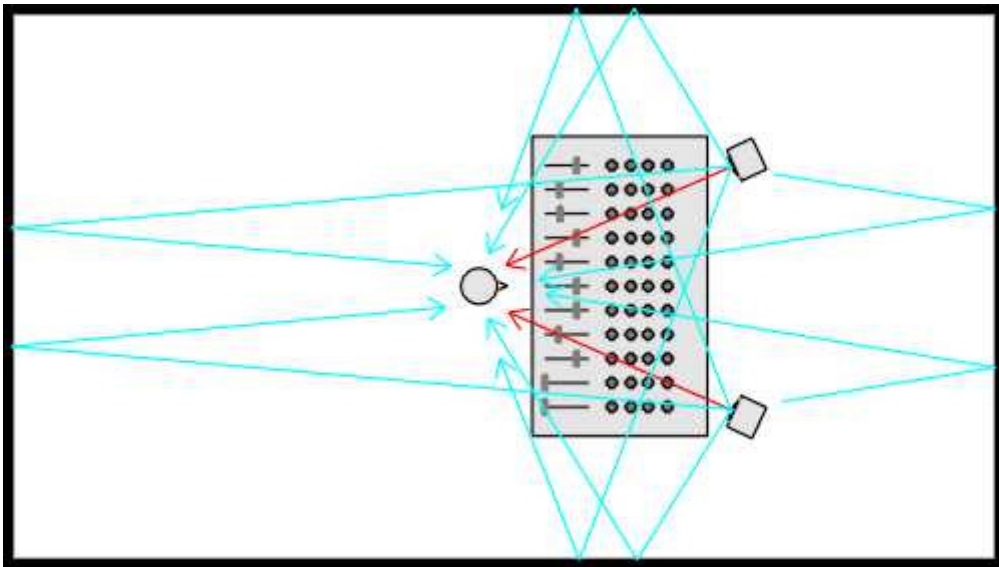


так как прослушивание происходит в комнате, то помимо основного сигнала из колонок мы услышим еще и сигнал отразившийся от стен/потолка/пола. то есть к основному сигналу подмешиваются такой же сигнал задержанный на определенный промежуток времени (расстояние от колонок до стены и от стены до слушателя). к чему приводит такое смешение? оно приводит к т.н режекторной (combo) фильтрации. что приводит к сильному искажению АЧХ.

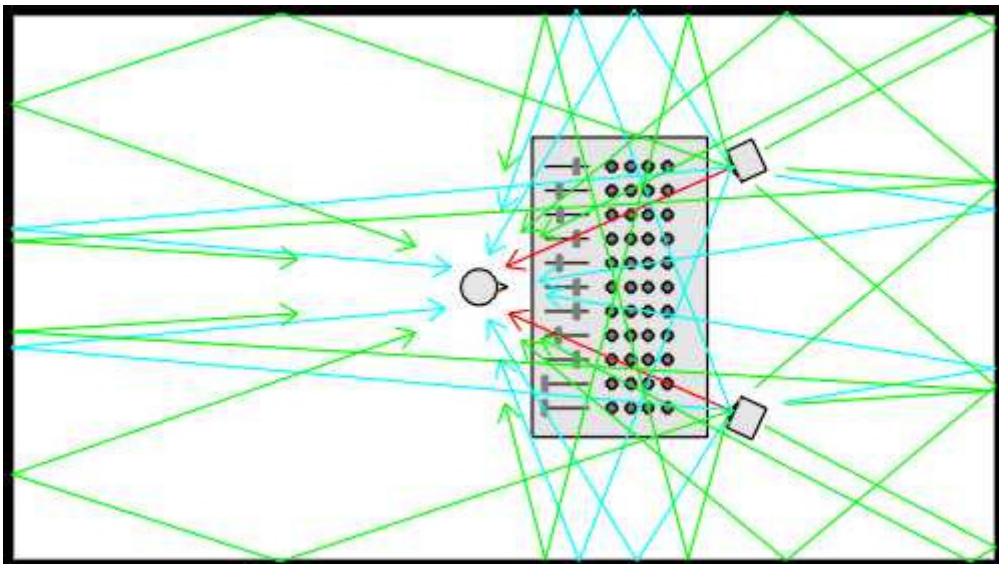


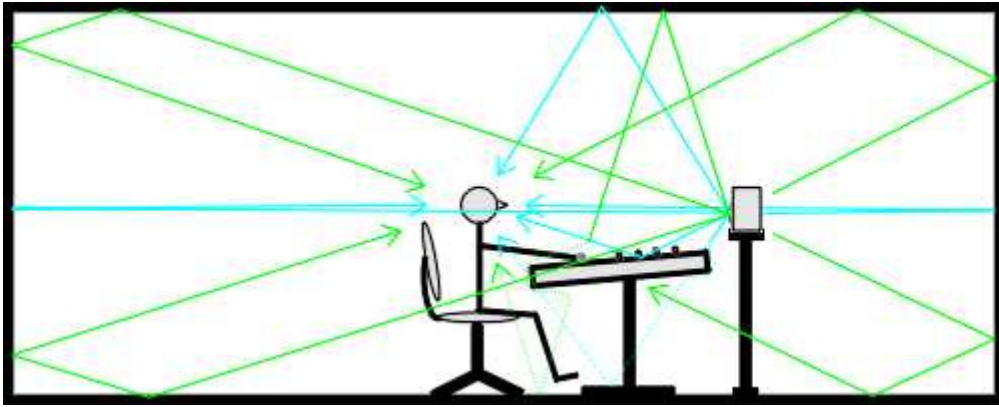
причем чем меньше размер комнаты, тем больше будут эти искажения.

вспоминая, каким образом ведет себя звуковая волна на границе сред мы можем сказать что в прямоугольной комнате от одного источника звука мы получим ровно 6 первичных отражений (4 стены, пол и потолок), а также 6 вторичных и т.д. пока звук не затухнет. если у нас 2 колонки, то отражений будет в 2 раза больше.

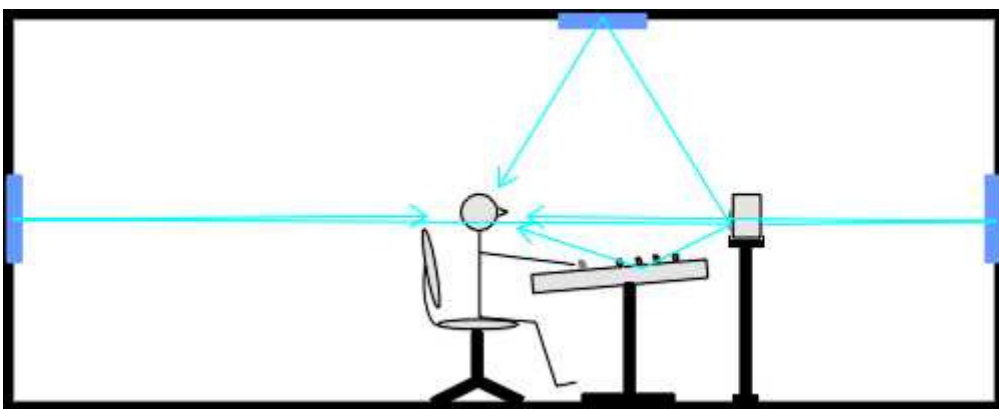
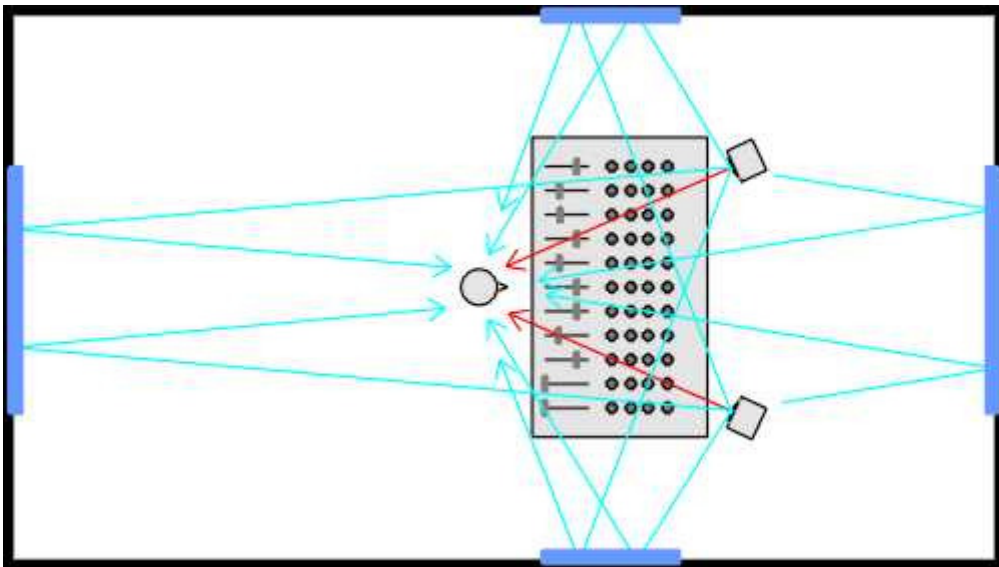


вторичные отражения

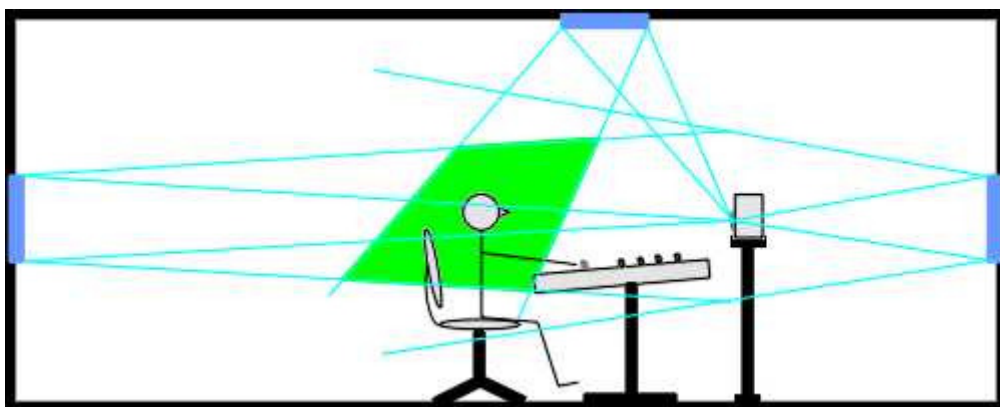
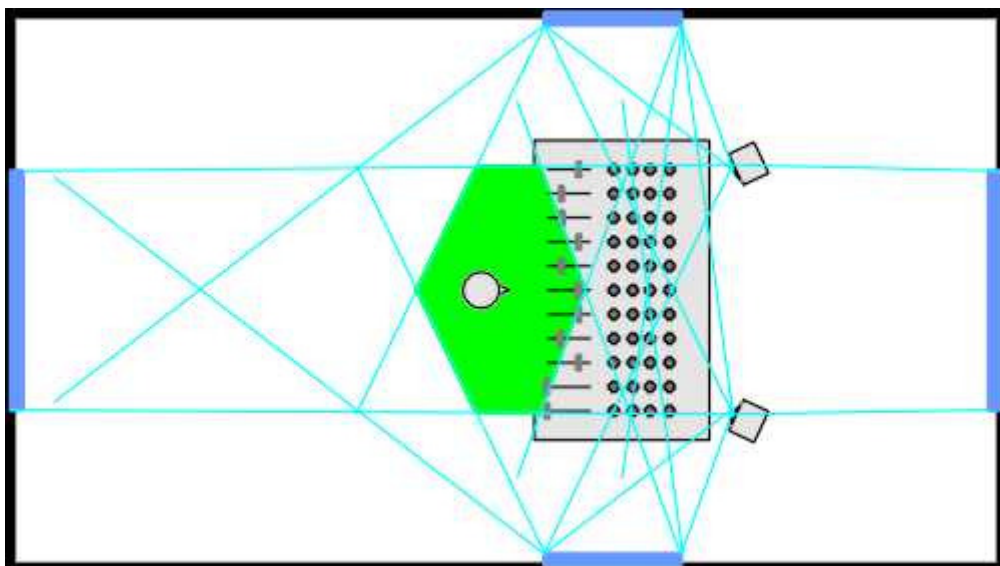




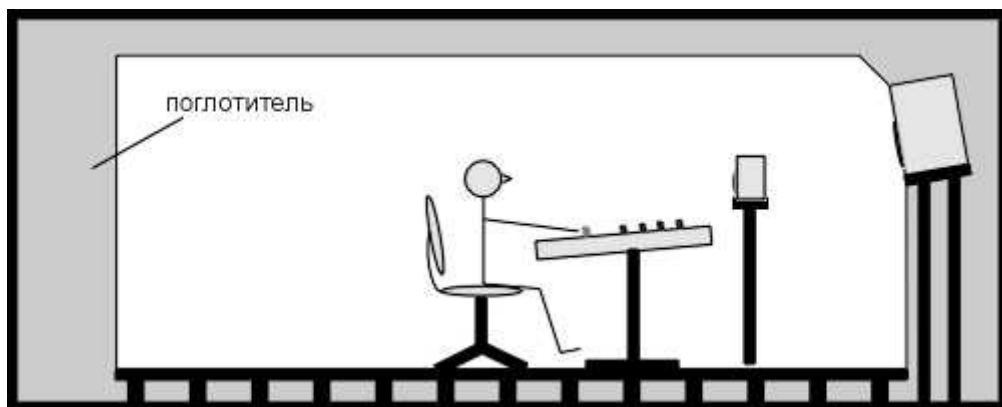
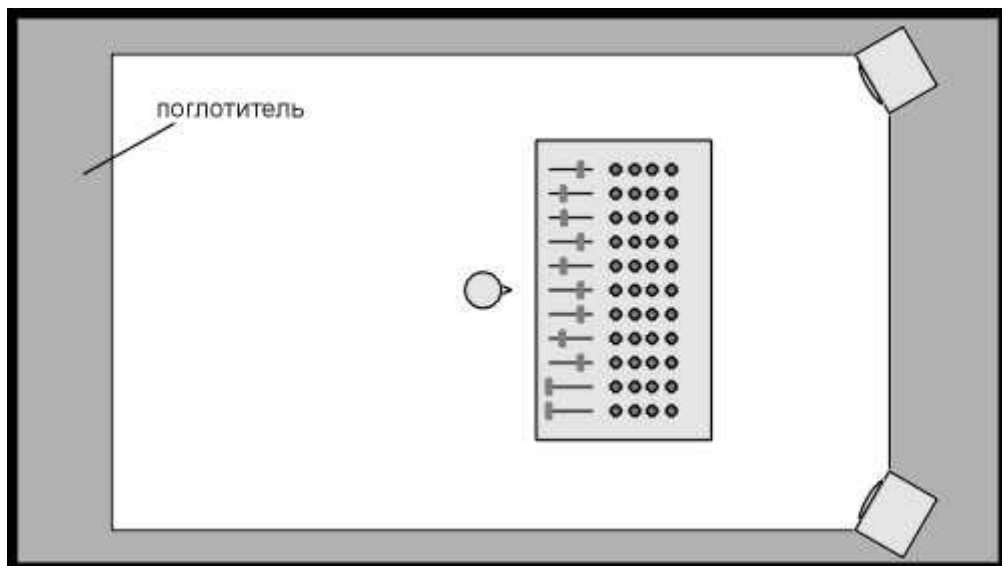
соответственно для корректного контроля нужно слышать только колонки и исключить "призвуки комнаты" (все возможные отражения), создав тем самым reflection free комнату или зону на месте "механика-водителя" :). самый простой (но не самый эффективный) способ - это сделать локальную reflection free зону, исключив влияние первичных отражений при помощи небольших локальных широкополосных поглотителей звука.



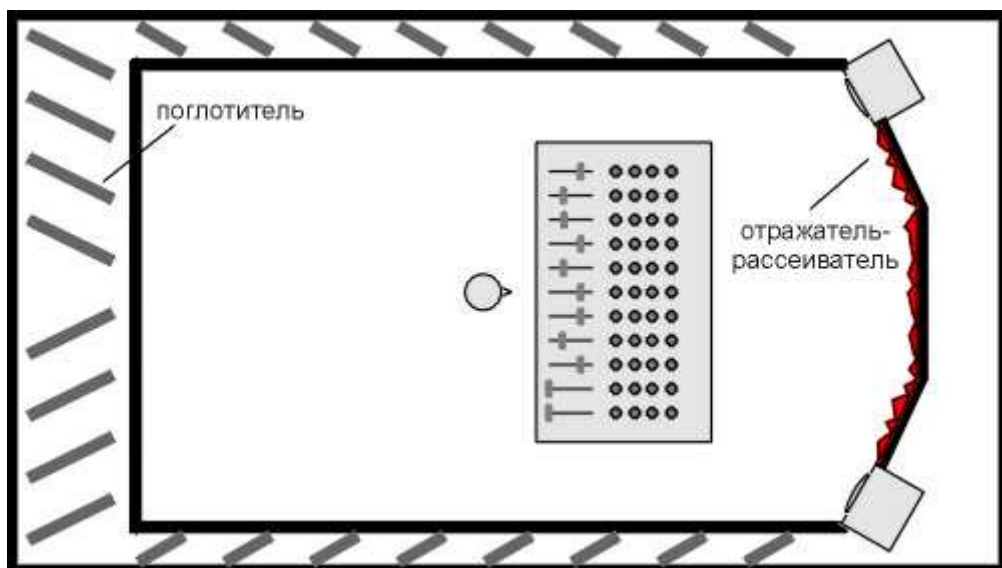
вот что мы получим в итоге. в "зеленой зоне" мы исключили первичные отражения от стен и потолка. увеличив в размерах поглотители мы увеличим и размеры reflection free зоны.



исключение первичных отражений (как самых больших по громкости) конечно решает проблему, но не до конца. так как есть еще и вторичные, третичные и т.д. отражения. чтобы полностью решить проблему со всеми отражениями нам надо сделать 100% заглушенной комнаты (по enviroment), в которой все стены, потолок и частично пол представляют из себя широкополосный поглотитель. причем для экономии можно делать разную толщину поглотителя. спереди и сзади слушателя она должна быть больше, так как отражения происходят под острым углом к нормали, а по бокам, на потолке и полу - меньше, так как угол более тупой. по ориентировочным прикидкам, если использовать в качестве поглотителя минвату, то для создания NE комнаты до 100Hz слой нужен примерно 40/20см. для более низкочастотной комнаты, нужно увеличивать толщину.

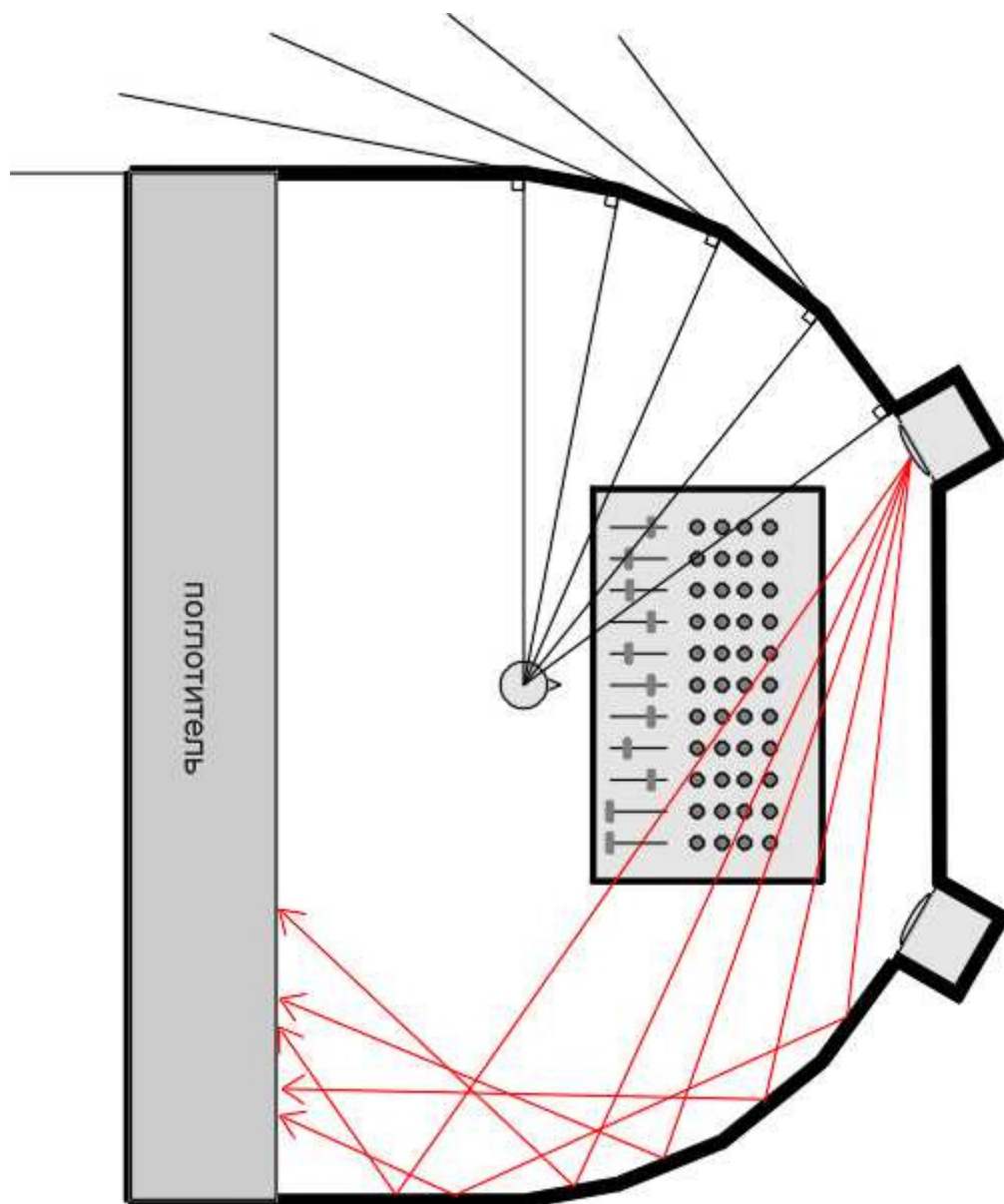


считается, что в такой комнате совсем без отражений некомфортно работать. и "по Ньюэллу" предлагается сделать переднюю стену отражающей.

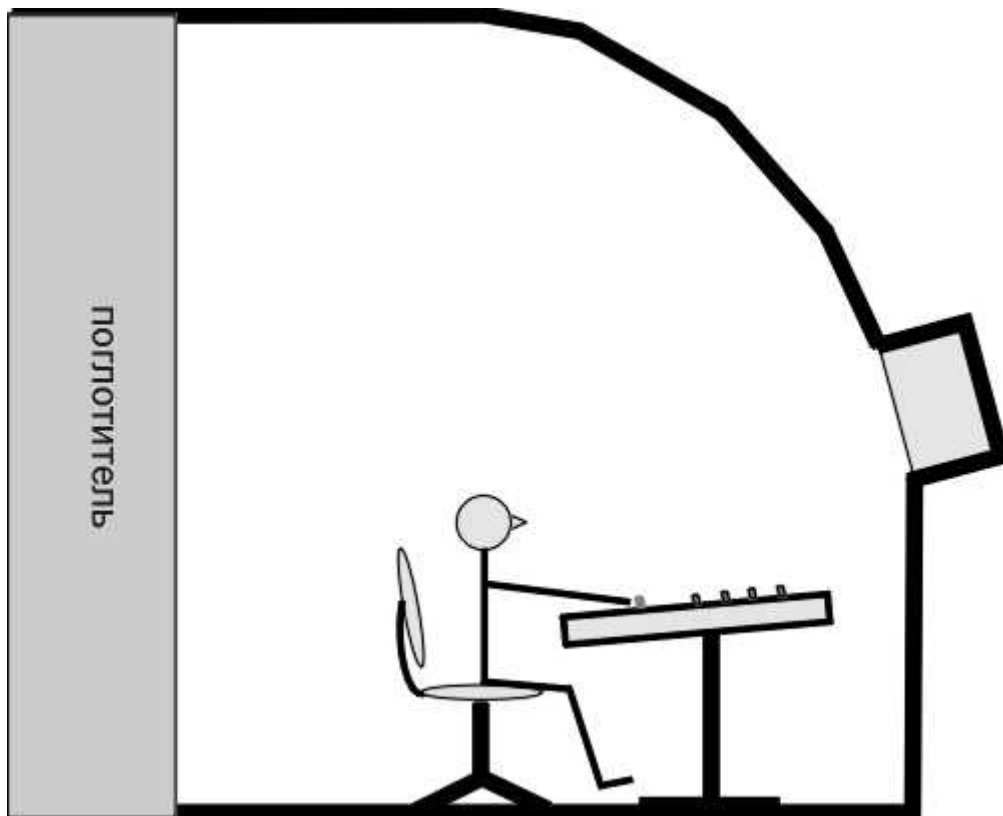


но из практики работы без этой стены скажу что работать вполне комфортно и на постройке отражающей стены можно значительно съэкономить.

есть еще "геометрический способ" убирания отражений. он заключается в постройке т.н. "ракушки". в ней за счет геометрии исключаются ранние отражения от боковых стен. все отражения "отсылаются" на заднюю стенку, которая является очень эффективным поглотителем.



потолок можно сделать или поглощающим или такой же ракушкой (двойная ракушка).



НО этот метод гораздо более дорогостоящий И требует достаточно большого помещения (чтобы ракушка получилась корректной).

пока все. any opinions & questions are welcome!

давайте немного обобщим вышесказанное.

NE - звучащая комната.

много копий сломано, ломается и будет сломано по поводу, что лучше - reflection free или "звучащая комната" с ровным по АЧХ откликом. есть куча студий с NE и с "звучащими" контролками в которых делают очхорошие миксы. НО есть один неоспоримый факт - сделать правильную "звучащую комнату" при маленьком объеме помещения невозможно! что то более менее внятное можно делать с площадью от 50квм и с черновой высотой потолка в 3,5м. да, можно конечно в мелкой комнате подглушить ранние отражения, НО структуру ранних отражений мелкокомнаты поменять очень сложно (есть способы сделать это сложной геометрией стен и потолка, только ценник на такое строительство вас сильно не обрадует). поэтому в малых помещениях почти везде делают NE, так как это дешевле, проще и дает гарантированный результат. в больших - возможно строительство "правильно звучащих" комнат, но это масштабнее и дороже.

поглотители из минваты - резонансные поглотители.

тут скажу лично мой experience. хотите слушайте, хотите - сами экспериментируйте. принцип действия резонансного поглотителя известен - берется однородный тонкий листовый материал, который под воздействием НЧ начинает резонировать и демпфируется. там самым отбирая

энергию НЧ. но ИМХО там не все так просто. у Ньюэлла и у Эвереста (в Master Handbook of Acoustics) и у других дядек приводятся только принципиальные схемы и нигде не приводятся точные чертежи с конкретными промерами поглощения НЧ. я сделал несколько таких поглотителей и остался недоволен ихней работой. опять же ИМХО - я бы лучше использовал камаз минваты, так как результат там предсказуем и гарантирован. строительство, а потом переделка резонансных поглотителей - занятие очень недешевое и достаточно непредсказуемое. точных методик расчетов я не встречал. но видимо есть какие то тонкости в изготовлении, креплении, размещении, которыми знающие товарищи не спешат делиться, так как берут за это немалые деньги :).

некоторые практические мысли по строительству NE.

так как подавляющее большинство студий в нашей стране используют арендованные площади, то периодически возникает проблема с переездом на новое помещение. само собой, что какое то сложное и дорогостоящее капитальное строительство в при таком варианте не очень целесообразно, да и собственник помещения может быть против этого. в этом случае строительство NE при помощи камаза (половины камаза) с минватой выглядит очень подходящим решением. во первых такое строительство очень простое и не связано с возведением капитальных стен, подвешиванием тяжелых конструкций к потолку или еще чем то подобным. мы берем тюки с минватой и просто складываем их друг на друга вдоль стен. дальше мы делаем поверх этого обрешотку из бруска, которая будет являться предохранителем от повреждений, если кто то захочет на такую стену опереться + она же будет являться каркасом для натягивания ткани. главные мониторы устанавливаются на стойки и просто обкладываются минватой. далее обрешетка делается и на потолке. за нее закладывается минвата. так как минвата достаточно легкая, то и обрешетка нужна простая не "держущая". далее делается (или не делается) плавающий пол на лагах в пустоты которого тоже закладывается минвата. единственное - надо не забыть вывести всю электрику на обрешотку и заглушить нафих все батареи отопления, так как они не нужны в такой комнате.

по большому счету это может за пару-тройку дней сделать квалифицированный плотник с одним помощником. + при переезде на новое место, снимается ткань, разбирается обрешетка, вывозится минвата и комната принимает исходный вид без каких либо материальных потерь.

по поводу мониторов для NE.

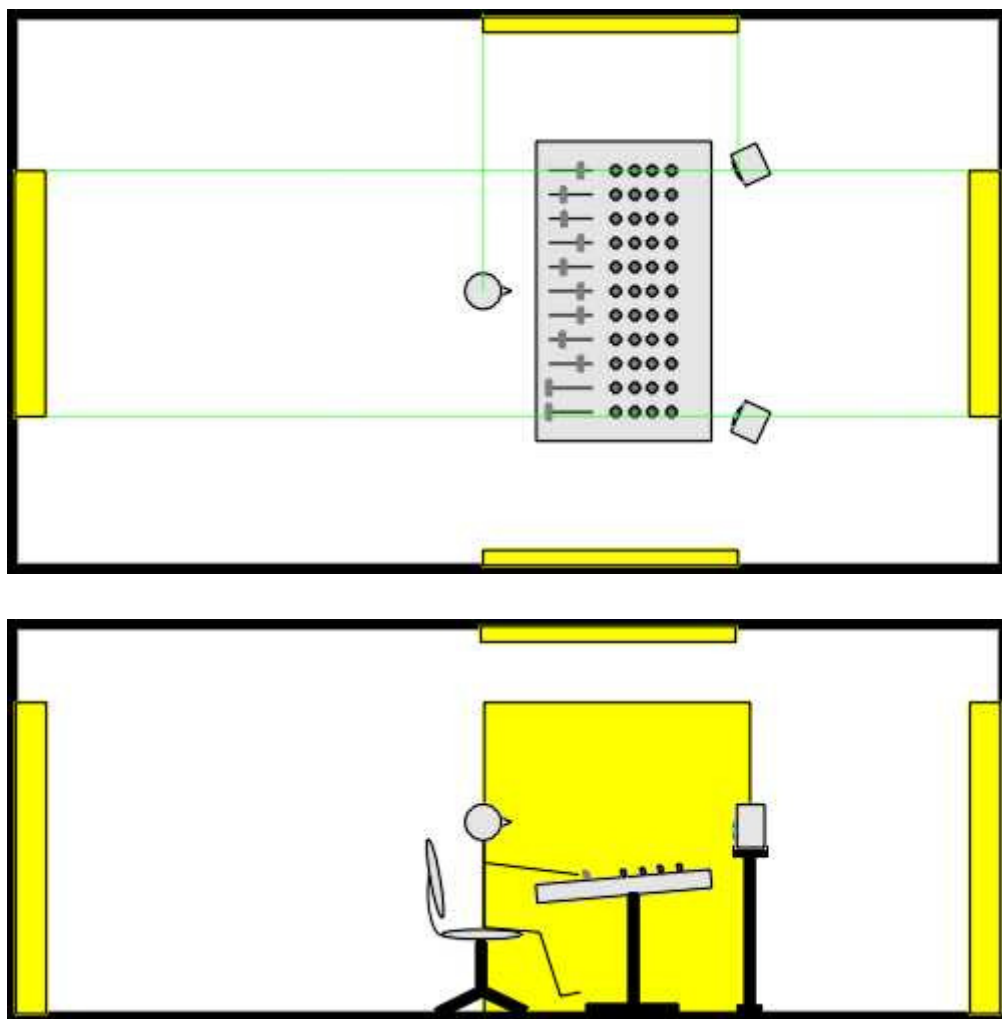
утверждение что для такой комнаты нужны мониторы с большим SPL - не совсем корректны. большая громкость для работы не нужна, НО есть другой аспект проблемы: так как комната не дозвучивает, то и НЧ вы услышите столько, сколько реально могут выдать ваши колонки. у меня в NE мелкоколонки с 6-8" басовыми динамиками звучали практически без низа (очень смешно так звучали, как кухонный громкоговоритель). поэтому для NE нужны мониторы минимум с 10", а лучше с парой 10" динамиков. думаю, что встраивать маленькие "полочные" мониторы в стену - тоже не выход из положения.

если вы не готовы ни морально ни материально к постройке полноценной NE, можно как полумеру использовать локальные широкополосные поглотители. способы, как это сделать везде описаны, я просто предложу к вниманию пару картинок для наглядности.

прежде чем что то строить - нарисуйте чертеж вашей контрольной комнаты. определитесь с тем,

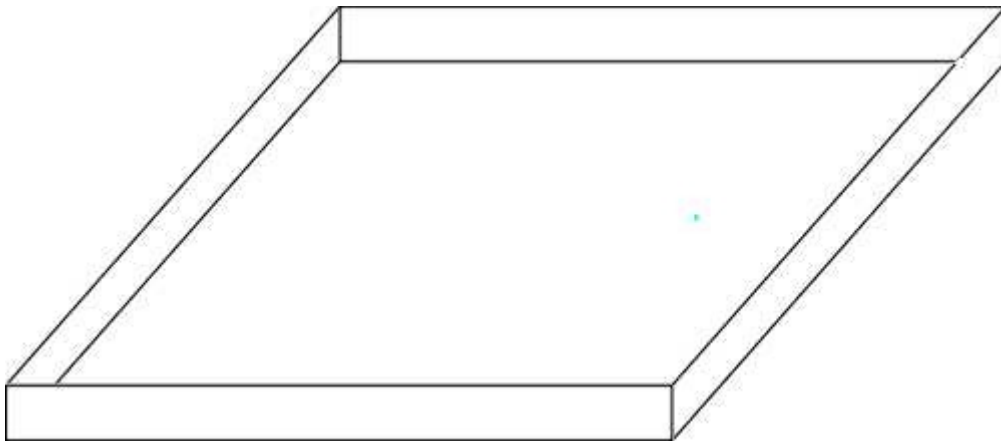
где и как будут стоять мониторы и сидеть механик-водитель. далее отстройте первичные (вторичные) отражения. тем самым вы найдете места, где нужно помещать поглотители. если сложно с геометрией, то можно сделать это при помощи зеркал. расставьте мониторы и сядьте на рабочее место, затем попросите кого-нибудь с зеркалом перемещаться вдоль стены, как только вы увидите в зеркале монитор - это и есть место отражения (световые и звуковые волны подчиняются одним и тем же законам).

есть еще более простой способ, воспользуйтесь размещением ловушек как на картинке



желтым обозначен широкополосный поглотитель. принцип очень прост - ширина боковых поглотителей равна расстоянию между механиком-водителем и мониторами. ширина передних и задних - по ширине колонок. в этом случае вы получите гарантированное убийство всех первых и половины вторых, третьих и т.д. по высоте поглотители можете делать в свой рост или чуть выше (2м). делать поглотители шире большого смысла нет. также можно немного сэкономить на толщине поглотителя. боковые и потолочный можно сделать тоньше чем передний и задний. памятуя об разных углах, под которыми происходит отражение. а можно сделать и одинаковыми.

по конструкции широкополосный поглотитель делается вот таким образом. сперва из доски (ширина доски соответствует толщине поглотителя) делаются боковые стенки.



в качестве задней стенки проще всего использовать лист тонкого ДВП (это из чего делались задние стенки старых приемников и телевизоров). внутрь закладываются листы минваты. с передней части все затягивается акустически прозрачным материалом (ткань, спанбонд или еще чтонибудь).



далее получившиеся конструкции расставляют как шкафы вдоль стен вплотную (не забываем про дифракцию !) к стене. по толщине поглотителя - если он только минватный, то чем толще слой, тем больше поглощение НЧ. но думаю что менее 20см делать не стоит.

как вариант изготовления потолочного поглотителя не делать его с деревянным каркасом из-за веса и сложности подвески, а сделать в виде больших "подушек" набитых минватой. они легче и повесить их проще.

можно сделать ловушки более эффективными добавив туда резонансный поглотитель



он представляет из себя два листа ГКЛ (обычного гипсокартона) склеенных между собой демпфером. как демпфер можно использовать рубероид липкий с двух сторон или просто клей.

важно чтобы после высыхания демпфер не твердел, а оставался гибким. для больше широкополосности поглощения можно использовать листы ГКЛ разной толщины.