

*Фантастическая, правдивая передача басов: эти мониторы-малютки действительно говорят правду о качестве записи!».* Всем известно, что это – типичное утверждение из разряда тех, которые встречаются во многих рекламных материалах, и чаще всего оно оказывается далеким от истины. На самом деле, это не может быть правдой просто-напросто потому, что при сегодняшнем развитии технологий законы электроакустики не позволяют этому произойти. Низкочастотные свойства малогабаритных акустических систем на требуемых для студийного мониторинга уровнях громкости не могут быть столь же точны в смысле частотной характеристики и переходной характеристики, как у хорошей большой мониторной системы, заподлицо вмонтированной во фронтальную стену хорошо акустически оформленной комнаты.

## Воздушная пружина

Акустические системы с динамическими головками в корпусах являются излучателями типа объем-скорость (компрессионного типа). Акустическая отдача есть произведение площади и скорости диффузора, поэтому для любой заведомо заданной излучаемой мощности можно либо передвигать медленно большой объем воздуха, либо передвигать быстро малый объем воздуха. Для фиксированных частоты и звукового давления большой диффузор не придется передвигать с такой быстротой, как маленький. Меньшему динамику потребуется большее расстояние смещения и более быстрое перемещение диффузора, но, к тому же, ограниченный объем воздуха внутри маленького корпуса подвергнется куда более заметной разнице давления в крайних положениях диффузора, чем у большого корпуса.

Предположим, диффузор 15" динамика, установленного в 500-литровый корпус, имеет пиковое смещение 2 мм (от крайнего положения к крайнему). Принимая во внимание эффективный радиус диффузора, равный 6.5 дюйма, или 160мм, излучающая площадь будет равна 80 000мм<sup>2</sup>. Пиковое смещение 2 мм означает 1 мм от состояния покоя в любом направлении, значит, однонаправленный сдвиг будет составлять 80 000мм<sup>2</sup> x 1мм, или 80 000мм<sup>3</sup>. То есть статическое давление в 500-литровой коробке будет увеличено (если диффузор пошел внутрь) на 0.08 литра, или на 1/6250 долю объема всего корпуса.

Для достижения того же уровня звукового давления 6-дюймовый динамик в 10-литровом корпусе должен передвигать тот же объем воздуха. Но теперь, имея ввиду эффективный радиус в 2.5 дюйма, или 65 мм, пиковое смещение придется увеличить до 12 мм, так что диффузор вынужден будет передвигаться вшестеро быстрее, чем у 15" динамика. Более того, толкание 80 000мм<sup>3</sup> (0.08 литра) воздуха акустической системой, внутренний объем которой составляет лишь 10 литров, вызовет в ней изменение давления в 1/125 долю объема. Относительное сжатие воздуха в таком корпусе будет в 50 раз больше, чем в 500-литровом корпусе, и эта разница ведет к нескольким вполне определенным последствиям.

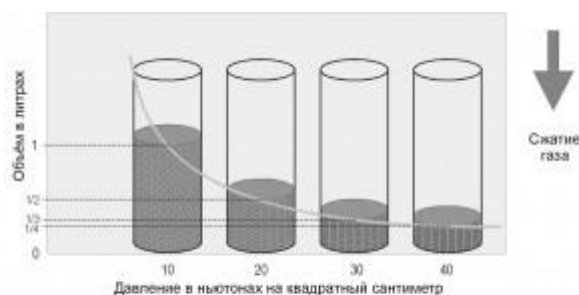


Рисунок 1. Закон Бойля. Каждое увеличение давления на 10 Ньютонов производит постепенно все меньшее изменение объема газа. Поэтому этот процесс носит нелинейный характер и создаёт предпосылки для возникновения гармонических искажений

Каждый, кто попытается остановить поток воздуха у отверстия велосипедного насоса в момент его сжатия, поймет силу упругих свойств воздуха. Он также осознает следующее: чем больше мы сжимаем воздух, тем больше он сопротивляется этому сжатию, и велосипедный насос с перекрытым выходным отверстием практически невозможно сжать руками более чем наполовину. Сила, необходимая для сжатия воздуха на каждый следующий кубический сантиметр возрастает со сжатием, поэтому, процесс носит нелинейный характер. Возвращаясь к случаю с 15" и 6" динамиками, описанному ранее, маленькому диффузору в маленькой коробке будет намного труднее сжимать воздушный объем на 1/125-ю своего первоначального состояния, чем большому диффузору в его большом объеме, ведь в этом случае нужно сжать воздух только на 1/6250-ю первоначального объема. Поэтому, большие коробки, как правило, производят меньше искажений на низких частотах, ведь в этом случае нелинейное сжатие пренебрежимо мало. Концепция показана диаграммами на Рис.1.

Нелинейные свойства упругости воздуха можно также понять, если учесть, что для сжатия 1го литра воздуха в нулевой объем требуется бесконечно большая сила сжатия, в то время как для разрежения того же объема до 2 литров потребуются вполне реальная, умеренная сила. Таким образом, силы, необходимые для изменения объема на определенную величину в разные стороны (для разрежения и сжатия, в этом случае – +/- 1 литр) не равны, а, значит, не равны и возвращающие упругие силы, порождаемые воздухом как реакция на его сжатия и разрежения во время полциклов движения диффузора. Таким образом, нелинейные силы упругости, возникающие сжиманием/разжиманием объеме воздуха, меняются не только в зависимости от величины смещения, но и от его направления. Изменения температуры воздуха внутри корпуса тоже

способны создавать большие сложности сами по себе, а тепловые потери от магнитной катушки при работе на музыкальных сигналах приводят к постоянному изменению температуры внутреннего воздуха во время использования.

## Размеры, вес и чувствительность

Решающим фактором в расширении низкочастотной границы амплитудно-частотной характеристики акустической системы является ее резонансная частота, т.к. амплитудно-частотная характеристика традиционных систем начинает довольно круто убывать ниже этой частоты. Это – природа законов физики, действующих при звукоизлучении от таких устройств. Резонанс зависит от жесткости воздушной пружины, сформированной объемом внутри корпуса, сопротивляющейся с движущейся массой подвески «диффузор-катушка». Тот факт, что при фиксированной величине смещения (воздушного слоя) воздух в маленькой коробке оказывает более жесткое сопротивление (он пропорционально больше сжимается при том же приращении объема), чем воздух в большой коробке, приводит к повышению резонансной частоты любого помещенного в такую коробку динамика по сравнению с тем же динамиком, размещенным в коробке большего размера (т.е. нагруженного на более мягкую «пружину»). Единственный способ противостоять этому эффекту и понизить резонансную частоту до той, что была у этого динамика в большем корпусе – увеличить массу подвесной системы «диффузор-катушка». [Представьте себе гитарную струну: если ее подтянуть, то высота тона возрастет. Если удерживать силу натяжения (стало быть, силу упругости) одной и той же, то единственный способ понизить ноту – сделать струну толще, т.е. тяжелее.]

Теперь сталкиваемся со следующей проблемой: чтобы передвигать тяжелую подвесную систему на то же расстояние, какое достигалось с легкой подвеской в большом корпусе, потребуется выполнить больше работы – соответственно, больше затраты мощности от усилителя. При одинаковой резонансной частоте и нижней границе АЧХ более тяжелая подвеска будет иметь меньшую чувствительность по сравнению с легкой, работающей в большем корпусе. Следовательно, для любого отдельно взятого динамика по мере уменьшения размеров его корпуса просто обязана уменьшаться и отдача на низких частотах. Как ранее замечено, увеличением массы подвижной конструкции можно восстановить необходимое расширение басовых частот, но при этом уменьшится чувствительность. На сегодня выхода из этой дилеммы не существует.

С другой стороны, корпуса большего объема позволяют использовать динамики большего размера. Конечно же, большой диффузор наверняка будет тяжелее маленького, что необходимо хотя бы для поддержания его механической надежности. Это тоже приводит к уменьшению чувствительности в свободном поле, но зато повысить значение чувствительности в этом случае можно увеличением размеров магнитной системы. Переносим пример на маленькие корпуса, из-за значительного изменения давления внутри опять-таки требуется утяжеление подвески, чтобы она не деформировалась под действием больших нагрузок, и эффективность (чувствительность) снова падает. И снова ответом могла бы стать увеличенная магнитная система, но это – весьма непростая задача вместить большой магнит в небольшой корпус, ведь тогда уменьшится воздушный объем, приводя к увеличению жесткости внутренней упругой среды («пружины») и, как следствие, повышению резонансной частоты. А ее, в свою очередь, возможно, удастся понизить обратным дальнейшим утяжелением подвески. И опять излишек массы подвески придется компенсировать увеличением подводимой мощности, чем еще более понижается чувствительность. Увеличение подводимой мощности означает, что нам нужна катушка больше (и тяжелее), чтобы принимать эту мощность, что приводит к дальнейшему увеличению подводимой мощности в погоне за выходным уровнем громкости.

Взглянем на две акустические системы с похожими АЧХ, но сильно отличающиеся по размерам. Большая система, такая как UREI 815 с 2мя 15" НЧ-динамиками, при подводимой мощности 1 Ватт развивает то же звуковое давление, что и малогабаритная система типа ATC SCM10, в которую вкачивается почти 200 Ватт! Существует нерушимая, пока что, связь между размерами корпуса, расширением нижних частот и чувствительностью. Уменьшение корпуса неотвратимо ведет к ухудшению отдачи на низких частотах или падению чувствительности. Если надо повысить чувствительность – нужно либо увеличить размеры корпуса, либо уменьшить расширение в области низких частот. Высокая чувствительность и хорошая низкочастотная отдача достижимы лишь в больших корпусах. Раз ATC желает получить хорошее расширение низкочастотного диапазона, нужно смириться с низкой чувствительностью; этого требует физика упругости воздуха. ATC SCM10 имеет объем корпуса примерно 10 литров; UREI 815 содержит почти 500 литров. Принимая во внимание, что обе системы покрывают один и тот же диапазон частот, разность их чувствительности в результате составляет 22дБ.

Маленькие диффузоры при быстром и сильном перемещении в большей степени склонны образовывать еще один вид искажений – искажения Доплера (или частотная модуляция), и эта проблема часто обостряется из-за того, что маленькие динамики используются для воспроизведения, как правило, вплоть до более высоких частот, чем большие, а это делает Доплеровы искажения более заметными. Длинный ход диффузора также означает интенсивное движение в системе подвески (гофры и «пауки»), и эти системы также склонны к нелинейности по своей природе. А именно: возвращающие силы редко когда равномерны при смещении диффузора. Это приводит к усилению интермодуляционных и гармонических искажений по сравнению с тем, как ведут себя большие диффузоры сравнимого качества,двигающиеся с малой амплитудой. Чем больше

амплитуда, тем больше требуется смещения в статическом магнитном поле магнитной системы, что приводит к увеличению непостоянства магнитного потока и к еще более заметным искажениям из-за нелинейности профиля ВІ (коэффициента магнитной индукции). Дополнительно, пониженная чувствительность малых корпусов означает, что на катушке выделяется больше тепла по сравнению с теплом, выделяемым обмотками больших динамиков при том же звуковом давлении. Эта проблема «подогревается» тем фактом, что меньшие системы имеют больше проблем с рассеянием тепла, что приводит к температурной компрессии мощности, ведь чем горячее становится магнитная катушка, тем больше становится ее сопротивление, и тем меньше мощности она потребляет от усилителя при фиксированном значении подводимого напряжения. Получаемая при этом компрессия мощности добавляет свою долю искажений, и отчетливо видно, что механизмы формирования искажений в малых акустических системах намного сильнее, чем соответствующие механизмы искажений в системах больших размеров. Но даже это еще не все... Малые диффузоры, ускоренно толкающие воздушный слой, могут образовывать турбулентность, которую можно услышать в виде странных шумов: происходит срезание воздушного потока на краях диффузора. Как видим, есть достаточно причин, почему при одном и том же качестве исполнения диффузоры больших размеров, двигающиеся с меньшей амплитудой, менее склонны вызывать искажения, чем меньшие диффузоры, имеющие большую амплитуду смещения.

## Коммерческие решения

Однако, на производителей акустических систем происходит коммерческое давление со стороны группы людей, находящихся в большом невежестве относительно этих проблем. Рынок требует все больше выходной мощности во все более широком диапазоне частот из все меньших корпусов, так что производители акустических систем изо всех сил пытаются одолеть вызов. Один из способов расширения отдачи на низких частотах – использовать фазоинверторное решение с одним или несколькими трубчатыми портами. В таких системах масса воздуха внутри трубы резонирует с пружиной, образуемой упругостью воздуха, заключенного в корпусе. Если выбрать резонансную частоту чуть ниже частоты, где начинает «заваливаться» АЧХ динамика, тогда общую АЧХ можно расширить. Тогда резонанс в трубе принимает работу на себя на частотах, где динамик начинает терять свою силу излучения.

Также, по мере приближения частоты сигнала к резонансной, эффективное расширение низкочастотной отдачи посредством фазоинвертора увеличивает нагрузку на тыльную сторону диффузора. Это помогает ограничивать передвижение подвески и предохранять динамики от перегрузок. Но, к сожалению, как только частота становится ниже резонансной, воздух начинает бесполезно вкачиваться и выкачиваться через отверстия, и ниже этой частоты контроль, оказываемый воздухом в корпусе на диффузор, полностью теряется. Во многих активных мониторных системах для того, чтобы резко ограничить мощность подаваемого на диффузор сигнала на частотах ниже резонансной частоты фазоинвертора, используются электронные фильтры. Этим обеспечивается более высокая выходная мощность системы в пределах ее расчетного диапазона частот, причем без риска перегрузки или механического повреждения из-за высоких уровней сигнала ниже резонансной частоты. Таким способом получают более ровную АЧХ системы на более низких частотах, чем у систем с закрытым корпусом того же размера, и добиваются более высоких уровней звукового давления (SPL) без риска для целостности динамика, но за эти преимущества приходится платить дорогой ценой.

## Время не ждет

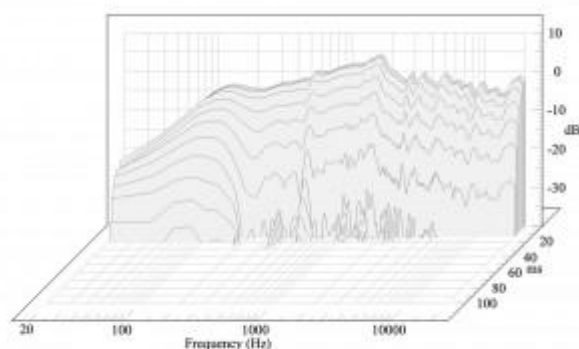


Рисунок 2. График затухания импульсной характеристики малогабаритной акустической системы с корпусом «закрытого» типа. В данном случае – Yamaha NS-10M

Нужно понимать, что резонансная система не может запускаться и останавливаться мгновенно. Поэтому, временная характеристика фазоинверторных систем, как правило, длиннее, чем у похожих моделей с закрытым корпусом. Это означает, что переходные процессы, пропускаемые через данную систему, будут «размыты» ею во времени. Импульсная характеристика будет длиннее. Более того, присутствие электрических фильтров высших частот еще более «растянет» импульсную характеристику, ведь электронные фильтры – те же самые настроенные резонансные цепи. Как правило, чем круче характеристика фильтра для данной частоты, тем дольше он будет «звенеть». Отсюда, более эффективная защита обычно приводит к большему «размыванию» переходных процессов. Рис. 2 показывает

затухание низких частот системы «закрытого» типа с типичным для таких систем «завалом» на низких частотах. Рис. 4 показывает низкочастотную характеристику фазоинверторной системы с электронной защитой похожего размера. Очевидно, характеристика на Рис. 3 более прямая на низших частотах, но прямая АЧХ – еще не панацея для высокого качества звучания акустических систем. Посмотрите, как временная характеристика «звенит» между 20 и 100Гц еще долго после того, как высшие частоты затухли.

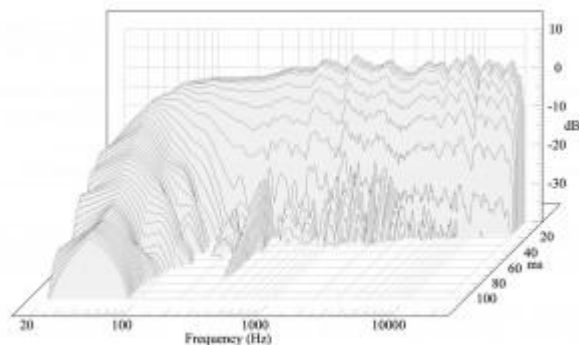


Рисунок 3. График затухания импульсной характеристики акустической системы с фазоинверторным оформлением корпуса такого же размера, как у системы на рисунке 2.

Рис. 4 показывает соответствующие переходные характеристики, а Рис. 5 – графики удаления акустического центра. Графики ясно показывают насколько проигрывают фазоинверторные системы по сравнению с «закрытыми». Низкие частоты у фазоинверторных систем медленнее нарастают, дольше затухают, а этим приносится в жертву низкочастотный «удар» (“punch”).

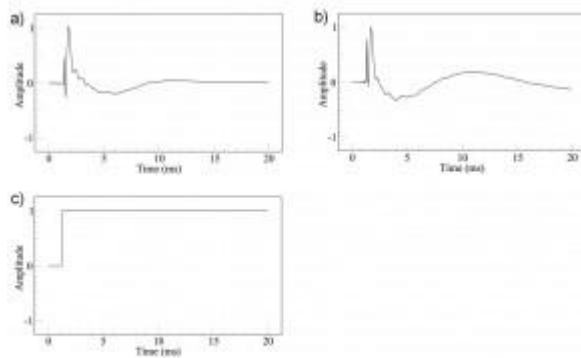
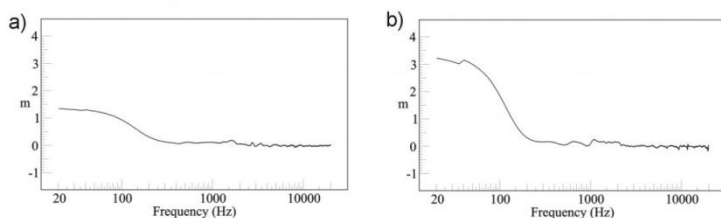


Рисунок 4. Переходная функция акустических систем, чьи графики затухания изображены на рисунках 2 и 3. График «с» показывает электрический входной сигнал, воздействующий на систему. [Переходная функция также известна, как функция Хевисайда]. Заметьте, как быстро отклик системы NS-10M возвращается в нулевое положение относительно оси амплитуд.

Спад АЧХ «закрытого» корпуса ниже частоты резонанса составит 12 дБ на октаву, в то время как фазоинверторная конструкция покажет спад 24дБ на октаву, ведь ниже частоты резонанса колебания у отверстий резонаторов уже не совпадают по фазе с колебаниями диффузора. Поскольку крутизну спада АЧХ на нижних частотах зачастую еще более увеличивают добавлением электрических защитных фильтров ниже частоты резонанса, вполне типичными оказываются спады шестого, и даже восьмого порядка (36 дБ на октаву и 48 дБ на октаву соответственно). Наделенные такими методами защиты, некоторые маленькие системы могут производить высокие уровни звукового давления на сравнительно низких частотах, но от этого страдает временная (т.е. переходная) точность характеристик таких систем.

Неизбежным следствием такого положения вещей является тот факт, что разные резонансы, присутствующие в разных системах, способствуют возникновению разных характеров музыкальной окраски. В условиях домашнего прослушивания это может и не проблема, но в студиях звукозаписи такое непостоянство окраски звучания мешает уверенности в работе пользователя. Если смикшированная запись по-разному звучит на разных системах, как можно понять, какая же система наиболее правильная, или же, когда баланс инструментов в записи корректный? Для внесения ясности, тенденция такова: хорошо спроектированные системы «закрытого» типа звучат более похожим образом, чем маленькие фазоинверторные модели. Резонансы «закрытых» систем, как правило, легче поддаются контролю, и, обычно, лучше демпфированы, чем резонансы их фазоинверторных аналогов. Исходя из этого, амплитуда частотной характеристики остается наименее характерной характеристикой звучания акустической системы «закрытого» типа, в то время как именно временная характеристика фазоинверторных систем обуславливает их различные характеры звучания. Существует достоверные основания полагать, что долгими годами использования монитеры Auratone и Yamaha NS-10M обязаны быстрому затуханию своих временных характеристик. «Завал» низких частот системы, используемой для микширования (сведения) не является большой проблемой сам по себе, ведь все неверные решения по балансу в этом случае можно будет исправить при помощи эквализации позже, скажем, во время мастеринга.



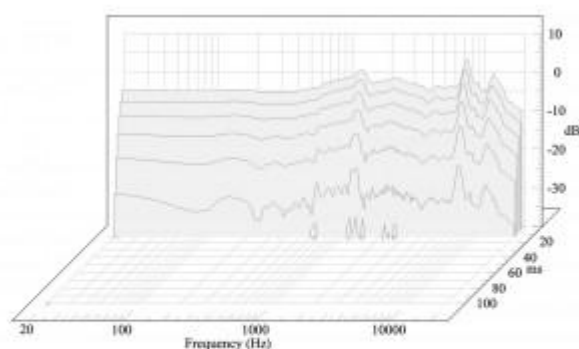
**Рисунок 5.** Графики углубления акустического центра (или источника), соответствующие переходным характеристикам на рисунке 4. На этих графиках отображается задержка сигнала в зависимости от частоты: с какого кажущегося расстояния за акустической системой излучаются низкие частоты. Поскольку каждый метр соответствует примерно трём миллисекундам, можно оценить, как низкие частоты, воспроизводимые акустическими системами с «закрытыми» корпусами, приходят более «плотно» вместе со всеми остальными частотами по сравнению с фазоинверторными системами.

С другой стороны, недостатки временных характеристик, например, добавляемые резонансами фазоинверторов и фильтров, могут привести к неверному суждению о балансе инструментов, особенно между ударными и тональными низкочастотными инструментами, такими, как большой барабан и бас-гитара, а такие ошибки уже невозможно будет откорректировать после микширования. Временные проблемы в звучании акустических систем по определению обязаны приводить к ошибочным решениям при микшировании, а эти ошибки баланса уже невозможно будет исправить, как невозможно разложить запись на составные части после сведения.

## «Переходной» компромисс

Итак, когда идет речь о десятилитровых корпусах, определенно существует проблема достижения «линейного», неокрашенного мониторинга в наиболее широкой полосе частот на сравнительно высоких уровнях звукового давления. На данный момент общий ответ на это состоит в том, что мы этого достичь не можем. Известно, что существует компромисс между расширением низких частот, звуковым давлением на низких частотах и размерами корпуса. Точно так же, при попытке преодоления проблем малых корпусов введением фазоинверторов и электрической защиты неизбежно возникает и компромисс между звуковым давлением на низких частотах, расширением границы басов и точностью переходной характеристики.

Собственно, при низких уровнях звукового давления возможно достичь хорошее расширение на низких частотах даже у маленьких корпусов, но как только смещение диффузора, а значит, изменение внутреннего давления в корпусе, начинает изменяться существенно, тогда нелинейные свойства упругости внутреннего воздушного объема приводят к высокому уровню искажений. Для малых систем «закрытого» типа еще существует проблема отвода тепла от обмотки динамика. Из-за низкой эффективности (или КПД) системы приходится повышать подводимую мощность, так что перегрузки и перегорание обмоток – частые случаи при увеличении уровня развиваемой громкости. Нагревание обмотки приводит к термической компрессии, которая ограничивает динамику движения диффузора, не давая ему двигаться точно в такт с изменением входного сигнала.

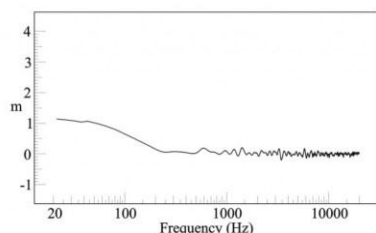


**Рисунок 6.** График затухания, показывающий последствия электронного «выпрямления» амплитудно-частотной характеристики на примере временной характеристики системы Auratone. Хотя амплитудно-частотная характеристика прямая на более низких частотах по сравнению с фазоинверторной системой на рисунке 3, временная характеристика всё ещё намного короче, а затухание – намного быстрее. К сожалению, такая эквализация не является практическим решением, т.к. система будет сильно перегруженной даже на очень низких уровнях звукового давления.

Из графиков затухания на Рис. 2 и 3 можно увидеть, что затухание не бывает мгновенным, и что наблюдается некоторый спад во времени (хотя на низких частотах он может объясняться еще и инерционными характеристиками измерительных фильтров). Часто задается вопрос: неизбежно ли увеличение продолжительности импульсной характеристики при попытке эквализации (выравнивания) АЧХ на низких частотах, особенно для «закрытых» корпусов? На же самом деле, выравнивание АЧХ должно приводить к укорачиванию временной характеристики посредством корректировки ошибок фазово-частотной характеристики, возникающих в месте «завала» на низких частотах. Это означает, что независимо от того, мал корпус или велик, эквализирована система или нет, «закрытая» система все

равно будет давать более короткую временную характеристику, чем фазоинверторная. Рис. 6 и 7 приводят сравнительные данные. Между тем, что очень существенно, огромное количество специалистов звукозаписи ясно показывают предпочтение точной временной характеристики перед линейной амплитудно-частотной характеристикой, выбирая такие модели, как NS-10 и Auratone (и другие с подобными характеристиками).

Многие мастеринг-инженеры поддерживают этот выбор, доказывая тем самым, что низкий уровень искажений и высокая точность передачи переходных процессов для них важны больше, чем абсолютно прямая частотная характеристика. Как ранее говорилось, ошибки микширования, возникшие исключительно из-за неравномерности частотной характеристики, обычно беспрепятственно поддаются эквализации, так что в этом выборе присутствует достаточная доля логики. [Строго говоря, нам следовало бы использовать термин «амплитуда давления в зависимости от частоты», или амплитудно-частотная характеристика, ведь понятие «частотная характеристика», технически, включает в себя еще и фазовую частотную характеристику. Но, поскольку это – не академический труд, будем пользоваться здесь популярным термином.]



**Рисунок 7.** График углубления акустического центра (групповой задержки) 700-литровой широкополосной мониторной системы, смонтированной заподлицо в стене. Обратите внимание, как соответствующий график системы NS-10M (рисунок 5) повторяет эту характеристику большого монитора. Поэтому и неудивительно, что NS-10M имеет репутацию монитора с «рок-н-рольным пробоем»

Весьма разумным представляется, что «расширенные» фазоинверторами басы вполне подходят для того, чтобы «завести» музыкантов во время процесса записи, когда необходимо создать подходящую атмосферу для записи выступления, а не рассматривать тонкости каждого отдельного звука. Однако, в процессе микширования требуется другой, более критический взгляд, и, следовательно, другой набор мониторов.

Сама концепция мониторинга ближнего поля возникла из признания того факта, что мониторинг по прямому сигналу намного устойчивее, чем мониторинг по комбинации прямого/отраженного от стен комнаты звука у больших мониторов, имеющих более широкую полосу пропускания. Многие проектировщики студий теперь ориентируются на сильно поглощающие на всем пути от микшерного пульта до тыльной стены контрольные комнаты, сохраняющие прямой звук, исходящий от главных встроенных заподлицо в переднюю стену мониторов. Вопреки распространенному заблуждению, нахождение в этих комнатах не является гнетущим, ведь в них все же имеются отражающие поверхности, расположенные так, чтобы не мешать точному мониторингу, но придавать жизни разговору находящихся внутри. Наверное, это – единственный путь получения линейного, полнодиапазонного мониторинга с короткими временными характеристиками, ведь сегодняшние технологии не в состоянии обеспечить это посредством малых корпусов.

Есть и те, кто заявляет, что быстрые временные характеристики у маленьких систем не так важны, т.к. их время затухания все равно короче, чем у большинства комнат, в которых они будут использоваться. Но таковые не осознают, что маленькие системы обычно используются в ближнем поле, т.е. в пределах критического расстояния (радиуса громкости – где прямой звук и отзвук помещения одинаковы по громкости). Следовательно, если слушать в ближнем поле, характеристики акустической системы доминируют над общими характеристиками. Так что, напротив, это и есть принципиальная причина использования мониторинга ближнего поля.

## Последствия

Значительная доля нелогичного мышления, недостаток знания фактов, привычка упорного следования традиционным измеряемым аспектам разработки акустических систем привели к производству продуктов, удовлетворяющих традиционно признанным нормам. И это несмотря на то, что многие специалисты предпочли системы, чьи характеристики не соответствовали общепринятым техническим требованиям. Другими словами, они нашли акустическую систему, которая дает надежный результат в работе, находясь в полном неведении относительно того, какой вид имеют графики их частотных характеристик, или игнорируя эти графики.

Нужно добавить, что значительная доля невежества относительно этих фактов присутствует и во многих компаниях-производителях, где люди, диктующие, что и как производить, не являются ни конструкторами акустических систем, ни инженерами звукозаписи. Во многих случаях это просто бизнесмены. Так что, без ясных сигналов от звукозаписывающей индустрии о ее потребностях, бизнесмены производят то, что надеются продать в больших количествах. Если это означает борьбу за улучшение каких-либо не относящихся к делу характеристик, то это – именно тот путь, которым они и будут идти. Это привело к сегодняшнему положению дел, когда низкочастотными характеристиками маленьких «мониторных» систем правит хаос. Приоритетное улучшение временных характеристик многих малогабаритных мониторов, наметившееся в последнее время, является сильно запоздалым.