



Новости HARDWARE  
 Новости IT и науки  
 Игровые новости  
 Новости Белорусского IT-рынка  
 Новости компаний

About us   RSS   Контакты   Реклама   Опросы   Правила перепечатки материалов   О проекте

**ГЛАВНАЯ**   **БЕЛОРУССКИЙ IT-РЫНОК**   **БЛОГ**   **ФАЙЛЫ**   **TL CUP**

процессоры и память  
 жесткие диски и SSD  
 материнские платы  
 видеокарты  
 системы охлаждения  
 корпуса и БП  
 оптические приводы

мобильные устройства  
 ноутбуки  
 периферия  
 принтеры и МФУ  
 мониторы  
 акустические системы  
 мультимедиа

сети и коммуникации  
 проекторы и ТВ  
 мобильные накопители  
 фотокамеры  
 игры  
 avtoLabs  
 relax

digital lifestyle  
 аналитика  
 руководство потребителя  
 программное обеспечение  
 методика тестирования

**Новостные ленты сайта**

**Новости HARDWARE**

Стартовали мировые продажи iPhone 6s и iPhone 6s Plus

Обновленный планшет Dell Venue 10 Pro 500 с Intel Atom x5 стоит \$430

Pebble Time Round - самые тонкие и легкие смарт-часы в мире

**Новости IT и науки**

Android 6.0 Marshmallow дебютирует 5 октября

«ВКонтакте» зашифрует сообщения пользователей  
 Facebook предложил панорамный трейлер «Звездных войн»

**Игровые новости**

Открытый бета-тест Star Wars: Battlefront пройдет 8-12 октября

30% продаж The Witcher 3: Wild Hunt приходится на PC-версию

Сегодня стартует закрытое бета-тестирование шутера Rainbow Six: Siege

**Блог**

Нацбанк спрятал ссылку на свой канал YouTube в петле

Поиск:

Главная > Методика тестирования

**Методика тестирования**

**Методика тестирования акустических систем**

Автор: Василий Запотьок

26.07.2007 00:05



Мы продолжаем нашу традицию, и публикуем очередную статью из серии "методика тестирования". Подобные статьи служат как общеупотребительным базисом, помогающим читателям получить введение в тему, так и конкретным руководством по интерпретации результатов тестов, полученных в нашей лаборатории. Сегодняшняя статья по методике будет несколько необычной – мы решили посвятить значительную ее часть теории звука и акустических систем. Зачем это нужно? Дело в том, что звук и акустика – практически самая сложная из всех освещаемых нашим ресурсом тематик. И, пожалуй, среднестатистический читатель подкован в этой области меньше, чем, скажем, в оценке разгонного потенциала различных стейпингов Core 2 Duo. Мы рассчитываем, что справочные материалы, которые легли в основу статьи, а также непосредственное описание методики измерения и тестирования позволят заполнить некоторые пробелы в знаниях всех любителей хорошего звука. Итак, начнем с основных терминов и понятий, которые обязан знать любой начинающий аудиофил.

**Основные термины и понятия**

**Небольшое введение в музыку**

Начнем оригинально: с начала. С того, что звучит через колонки, и о прочих наушниках. Так уж повелось, что среднестатистическое человеческое ухо различает сигналы в диапазоне от 20 до 20 000 Гц (или 20 кГц). Этот довольно солидный диапазон в свою очередь делится обычно на **10 октав** (можно поделить на любое другое количество, но принято именно 10).

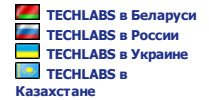
В общем случае **октава** – это диапазон частот, границы которого вычисляются удвоением или ополовиниванием частоты. Нижняя граница последующей октавы получается удвоением нижней границы предыдущей октавы. Кто знаком с булевой алгеброй, то тому этот ряд покажется странно знакомым. Степени двойки с дописанным нулем в конце в чистом виде. Собственно, зачем нужно знание октав? Оно необходимо для того, чтобы прекратить путаницу в том, что надо называть нижним, средним или еще каким басом и тому подобное. Общепринятый набор октав однозначно определяет, кто есть кто с точностью до герца.

Номер октавы	Нижняя граница, Гц	Верхняя граница, Гц	Название	Название 2
1	20	40	Глубокий бас	
2	40	80	Средний бас	Субконтр
3	80	160	Верхний бас	Контр
4	160	320	Нижняя середина	Большая
5	320	640	Собственно середина	Малая
6	640	1280	Верхняя середина	1-я
7	1280	2560	Нижний верх	2-я
8	2560	5120	Средний верх	3-я
9	5120	10240	Верхние высокие	4-я
10	10240	20480	Верхняя октава	5-я
	20480	26579.5		6-я

Последняя строка не нумерована. Это связано с тем, что в стандартную десятку октав она не входит. Обратите внимание на столбец "Название 2". Здесь содержатся названия октав, которые выделяются музыкантами. У этих "странных" людей нет понятия глубокого баса, зато есть одна октава сверху - от 20480 Гц. Поэтому такое расхождение в нумерации и названиях.

Теперь можно говорить более предметно о частотном диапазоне акустических систем. Следует начать с неприятной новости: глубокого баса в мультимедийной акустике нет. 20 Гц подавляющее большинство любителей музыки на уровне -3 дБ попросту никогда не слышало. А теперь новость приятная и неожиданная. В реальном сигнале таких частот тоже нет (за некоторым исключением, естественно). Исключением является, например, запись с судейского диска IASCA Competition. Песенка называется "The Viking". Там даже 10 Гц записаны с приличной амплитудой. Этот трек записывали в специальном помещении на огромном органе. Систему, которая играет "Викингов", судьи увешают наградами, как новогоднюю елку игрушками. А с реальным сигналом все проще: басовый барабан – от 40 Гц. Здоровенные китайские барабаны – тоже от 40 Гц (есть там среди них, правда, один мегабарабан. Так он аж от 30 Гц начинает играть). Живой контрабас – вообще от 60 Гц. Как можно заметить, 20 Гц здесь не упоминаются. Поэтому можно не расстраиваться по поводу отсутствия настолько низких составляющих. Они для прослушивания реальной музыки не нужны.

**Мы работаем**



**Меню раздела**

- Акустические системы
- БП
- Видеокарты
- ИБП
- КПК
- Мониторы
- Новости компаний
- Ноутбуки
- Оптические приводы

**Рекомендуем прочитать**

**Жесткие диски**  
 SSD Silicon Power Slim S85: повысить производительность компьютера, недорого  
 5 причин, по которым вам нужно купить SSD уже сегодня  
 Silicon Power Slim S80: недорогие SSD емкостью до 960 гигабайт

**Видеокарты**  
 Видеокарта N650TI TF 2GD5/OC BE – разогнанная версия GeForce GTX 650 Ti Boost с системой охлаждения MSI Twin Frozr III  
 Обзор платы видеозахвата AverMedia Live Gamer HD: "скрытый" посредник MSI N670 PE 2GD5/OC – удачная реализация удачной видеокарты

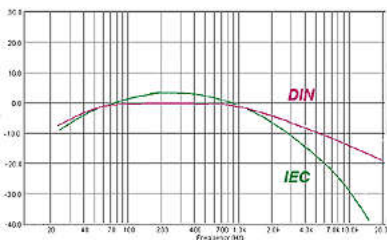
**Рекомендуем прочитать**

**Периферия**  
 Мышь SVEN RX-555: заряд позитива на рабочем столе  
 Игровой старт: клавиатуры SVEN Challenge 9500 и 9700  
 Благородный металл: геймерская клавиатура Tesoro Colada Saint

**Мультимедиа**  
 Геймеру, киноману, меломану: обзор USB-гарнитуры Plantronics GameCom 788 7.1 Surround Sound  
 Обзор Bluetooth-гарнитуры Plantronics Explorer 500: комфорт при любых обстоятельствах  
 Идеальный [звуковой] шторм: обзор флагманских беспроводных наушников HIPER Sound Storm

**Мониторы**  
 Обзор широкоформатного монитора Philips BDM3470JP  
 Действительно большой! Обзор монитора AOC U3477PQU  
 Обзор дизайнерского монитора Philips 275C5

**Материнские платы**  
 ASRock N3150-ITX:



На рисунке представлена спектрограмма. На ней две кривые: фиолетовая DIN и зеленая (от старости) IEC. Эти кривые отображают распределение по спектру среднего музыкального сигнала. Характеристика IEC применялась до 60-х годов 20-го века. В те времена предпочитали не издеваться над пиццалкой. А после 60-х эксперты обратили внимание на то, что предпочтения слушателей и музыка несколько поменялись. Это отразилось в стандарте великого и могучего DIN. Как видно, высоких частот стало гораздо больше. Но баса не прибавилось. Вывод: не нужно гоняться за супербасистыми системами. Тем более что желанных 20 Гц там все равно не положили в коробку.

## Характеристики акустических систем

Теперь, зная азбуку октав и музыки, можно приступить к пониманию АЧХ. **АЧХ (амплитудно-частотная характеристика)** – зависимость амплитуды колебания на выходе устройства от частоты входного гармонического сигнала. То есть системе подают на вход сигнал, уровень которого принимается за 0 дБ. Из этого сигнала колонки с усилительным трактом делают, что могут. Получается у них обычно не прямая на 0 дБ, а некоторым образом изломанная линия. Самое интересное, кстати, заключается в том, что все (от аудиолюбителей до аудиопроизводителей) стремятся к идеально ровной АЧХ, но "пристремиться" боятся.

Собственно, в чем польза АЧХ и зачем авторы TECHLABS с завидным постоянством стараются измерить эту кривую? Дело в том, что по ней можно установить настоящие, а не напечатанные "злым маркетинговым духом" производителю границы частотного диапазона. Принято указывать, при каком падении сигнала граничные частоты все-таки проигрываются. Если не указано, то считается, что были взяты стандартные -3 дБ. Вот здесь и кроется подвох. Достаточно не указать, при каком падении были взяты значения границы, и можно абсолютно честно указывать хоть 20 Гц – 20 кГц, хотя, действительно, эти 20 Гц достижимы при уровне сигнала, который сильно отличается от положенных -3.

Также польза АЧХ выражается в том, что по ней, хотя и приблизительно, но можно понять, какие проблемы возникнут у выбранной системы. Причем системы в целом. АЧХ страдает от всех элементов тракта. Чтобы понять, как будет звучать система по графику, нужно знать элементы психоакустики. Если коротко, то дело обстоит так: человек разговаривает в пределах средних частот. Поэтому и воспринимает их же лучше всего. И на соответствующих октавах график должен быть наиболее ровным, так как искажения в этой области сильно давят на уши. Также нежелательно наличие высоких узких пиков. Общее правило здесь такое: пики слышны лучше, чем впадины, и острый пик слышен лучше пологого. Подробнее на этом параметре мы остановимся, когда будем рассматривать процесс его измерения.



**Фазочастотная характеристика (ФЧХ)** показывает изменение фазы гармонического сигнала, воспроизводимого АС в зависимости от частоты. Однозначно может быть вычислена из АЧХ с помощью преобразования Гильберта. Идеальная ФЧХ, говорящая, что система не имеет фазочастотных искажений, прямая, проходящая через начало координат. Акустика с такой ФЧХ называется фазолинейной. Долгое время на эту характеристику не обращали внимания, так как существовало мнение о том, что человек не восприимчив к фазочастотным искажениям. Сейчас же измеряют и указывают в паспортах дорогих систем.

**Импульсной характеристикой (импульсным откликом)** называют выходной сигнал АС при подаче на вход короткого одиночного импульса. Идеал – если импульсная характеристика повторит импульс на входе без изменений. Часто же до и после импульса на выходе появляются всплески меньшей амплитуды. Такое поведение отклика фильтра говорит о том, что на выходе акустической системы импульс тоже будет порождать паразитные колебания.

народный Braswel в качестве платформы HTPC  
ASRock Fatalty X99X  
Killer/3.1 – отлично оснащенная плата для платформы LGA 2011-v3  
Материнская плата ASRock X99E-ITX/ac – платформа LGA 2011-v3 в формате mini-ITX

### Процессоры и память

Silicon Power Xpower  
DDR3-2400 – скоростная память для геймеров и оверклокеров

GeIL PC3-10660(10666)  
1333MHz C9 EVO CORSA SINGLE CHANNEL

GeIL PC3-12800 1600MHz C9 & C10 & C11 EVO CORSA SINGLE CHANNEL – 8 GB хорошо разгоняющейся памяти

### Ноутбуки

ASUS Transformer Book Flip TP300LA: preview ноутбука-трансформера

Игровой и дружелюбный. Обзор ноутбука ASUS G550J

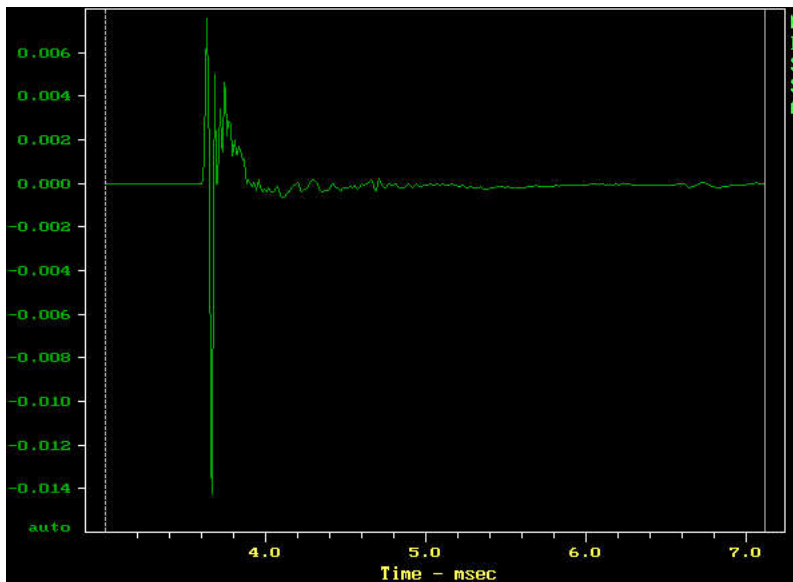
ASUS X102B – компактный, легкий и недорогой ноутбук с сенсорным экраном и достойной автономностью

### Корпуса и БП

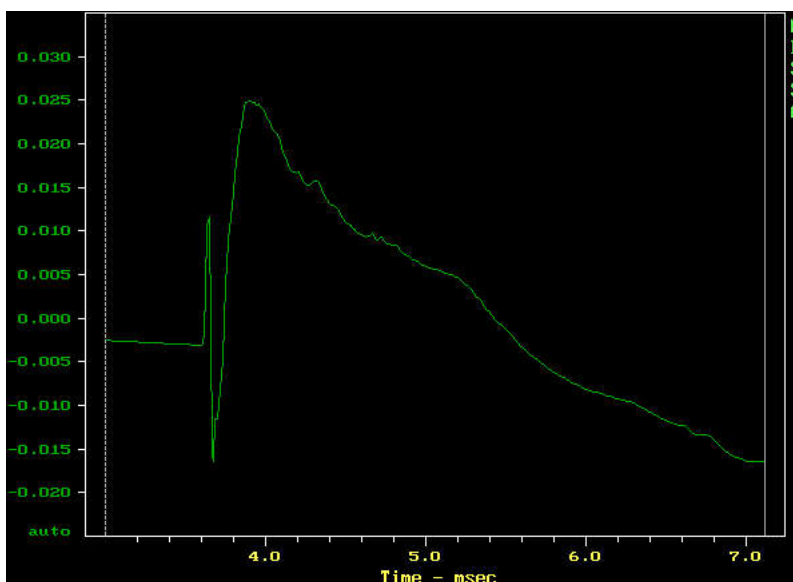
HIPER Power Bank RP6500: недорогой, стильный и практичный пауэрбанк

Бюджетная парочка для игровой системы: обзор компьютерного корпуса Chieftec LF-02B и блока питания Chieftec CTG-650C

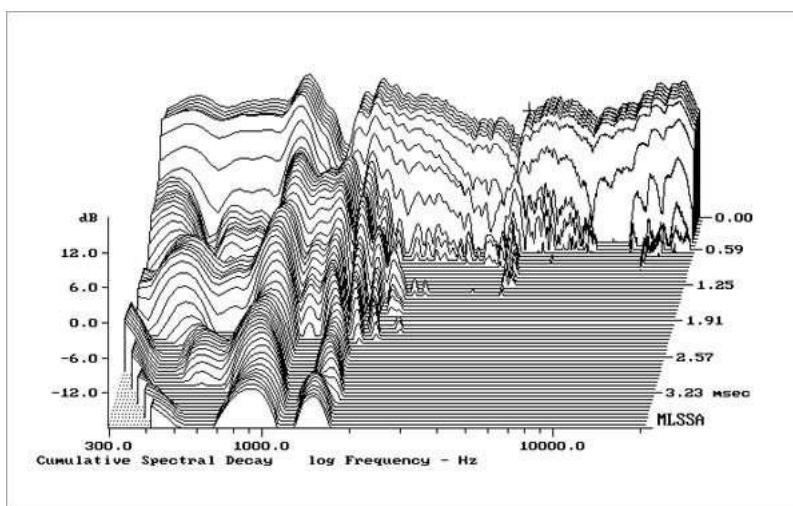
450 Вт формата SFX: обзор блока питания Chieftec SFX-450BS



**Переходная характеристика** – выходной сигнал фильтра, который является реакцией на входной сигнал типа ступенька (сигнал с нуля мгновенно достигает некоторой амплитуды и устанавливается на таком уровне). Такой импульс также может породить и порождает паразитные колебания. Естественно, это отразится и на поведении АС, которая воспроизведет и импульс, и паразитные колебания. Характеристика позволяет судить о когерентности системы.



**Кумулятивное затухание спектра (КЗС)** – совокупность осевых АЧХ (АЧХ, измеренных на акустической оси системы), полученных с определенным временным промежутком при затухании единичного импульса и отраженных на одном трехмерном графике. Таким образом, по графику КЗС можно точно сказать, какие области спектра с какой скоростью будут затухать после импульса, то есть график позволяет выявлять запаздывающие резонансы АС.



Если КЗС имеет много резонансов после верхней середины, то такая акустика субъективно будет звучать "грязно", "с песочком на ВЧ" и т.д.

**Импеданс АС** – это полное электрическое сопротивление АС, включая сопротивления элементов фильтра (комплексная величина). Это сопротивление содержит в себе не только активное сопротивление, но и реактивные

сопротивления емкостей и индуктивностей. Так как реактивное сопротивление зависит от частоты, то и импеданс целиком подчиняется также ей.

Если говорить об импедансе, как о численной величине, начисто лишенной комплексности, то высказываются о его модуле.

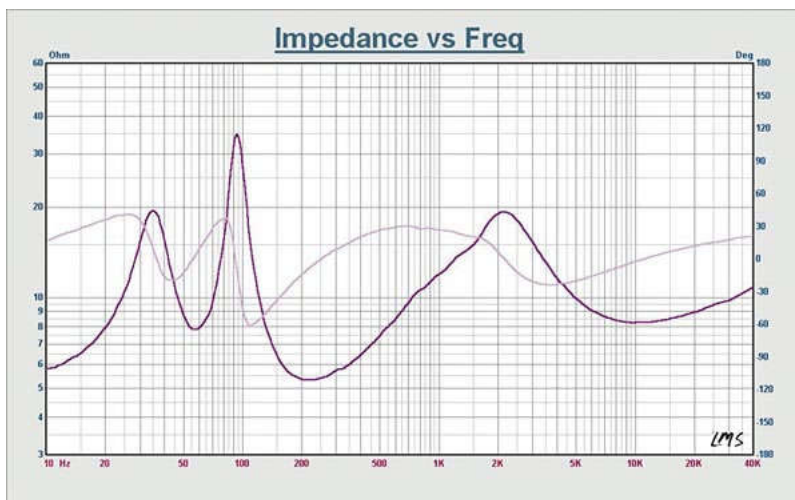


График импеданса трехмерный (амплитуда-фаза-частота). Обычно рассматриваются его проекции на плоскости амплитуда-частота и фаза-частота. Если объединить эти два графика, то получится график Боде. А проекция амплитуда-фаза — график Найквиста.

Учитывая то, что импеданс зависит от частоты и не постоянен, по нему можно легко определить, какую сложность представляет собой акустика для усилителя. Также по графику можно сказать, какая это акустика (ЗЯ — закрытый ящик), ФИ (с фазоинвертором), как будут воспроизводиться отдельные участки диапазона.

**Чувствительность** — см. в параметрах Тила-Смолла.

**Когерентность** — согласованное протекание нескольких колебательных или волновых процессов во времени. Означает, что сигнал от разных ГГ акустических систем придет к слушателю одновременно, то есть говорит о сохранности фазовой информации.

## Значение комнаты прослушивания

Комната прослушивания (в среде аудиофилов часто сокращают до КДП), да и его условия крайне важны. Некоторые ставят КДП на первое место по важности и уж после нее — акустику, усилитель, источник. Это в некоторой степени оправданно, так как комната способна делать все, что угодно, с измеряемыми микрофоном графиками и параметрами. Могут появляться пики или провалы на АЧХ, которых не было на измерениях в заглушенной комнате. Изменится и ФЧХ (вслед за АЧХ), и переходные характеристики. Для того чтобы уяснить, откуда берутся такие изменения, нужно ввести понятие комнатных мод.

**Комнатные моды** — это красиво названные комнатные резонансы. Звук излучается акустической системой во все стороны. Звуковые волны отражаются от всего, что только есть в комнате. В общем случае поведение звука в отдельно взятой комнате для прослушивания (КДП) абсолютно непредсказуемо. Есть, конечно же, расчеты, позволяющие оценить влияние различных мод на звук. Но они существуют для пустой комнаты с идеализированным покрытием. Поэтому приводить здесь их не стоит, они не имеют практической ценности в бытовых условиях.

Надо, однако, знать, что резонансы и причины их появления напрямую зависят от частоты сигнала. Так, например, низкие частоты возбуждают моды комнаты, которые обусловлены размерами КДП. Гулкость баса (резонанс на 35-100 Гц) — яркий представитель появления резонансов в ответ на сигнал низкой частоты в стандартной комнате 16-20 м<sup>2</sup>. Высокие частоты порождают несколько иные проблемы: появляются дифракция и интерференция звуковых волн, которые делают характеристику направленности АС частотно-зависимой. То есть направленность АС с ростом частоты становится все более узкой. Из этого следует, что максимальный комфорт получит слушатель на пересечении акустических осей колонок. И только он. Все остальные точки пространства недополучат информации или получат ее искаженной тем или иным образом.

Влияние комнаты на АС можно значительно уменьшить, если заглушить КДП. Для этого применяются различные звукопоглощающие материалы — от плотных штор и ковров до специальных плит и хитрых конфигураций стен и потолка. Чем глуше помещение, тем больший вклад вносит в звучание именно АС, а не отражения от любимого компьютерного стола и горшка с геранью.

## Рецепты расстановки колонок в комнате

Фирма Vandersteen рекомендует ставить АС вдоль длинной стены комнаты в точках, где наименьшая вероятность возникновения низкочастотных мод. Нужно начертить план комнаты. На плане поделить длинную стену последовательно на три, пять, семь и девять частей, провести соответствующие линии перпендикулярно этой стене. То же самое проделать и с боковой стеной. Точки пересечения этих линий укажут те места, где возбуждение низких частот в комнате минимальное.

Фирма NHT рекомендует следующие методы решения распространенных проблем.

Недостаточность баса, отсутствие плотного и четкого баса:

- попробуйте подвинуть АС поближе к задней стене;
- проверьте, устойчивы ли подставки под АС: при необходимости примените шипы или конусные ножки;
- проверьте, насколько тверда стена за АС. Если стена хлипкая и "призвучивает", поставьте АС перед мощной (капитальной) стеной.

Стерекартина не выходит за пределы пространства, ограниченного АС:

- подвиньте АС поближе друг к другу.

Отсутствует глубина звукового пространства. В центре между АС нет четкого звукового образа:

- отодвиньте АС подальше друг от друга;
- подберите оптимальную высоту расположения АС (примените подставки) и вашего положения при прослушивании.

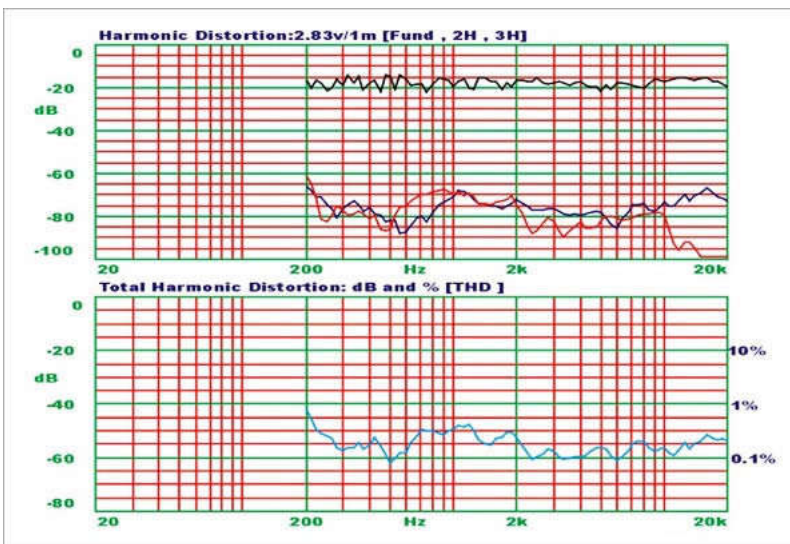
Резкое раздражающее звучание в области средних и высоких частот:

- если АС новые, прогрейте их на музыкальном сигнале в течение нескольких дней;
- убедитесь, нет ли сильных отражений от боковых стен или от пола перед слушателем.

## Искажения

От субъективизма нужно переходить к техническим понятиям. Начать стоит с искажений. Они делятся на две большие группы: линейные и нелинейные искажения. **Линейные искажения** не создают новых спектральных составляющих сигнала, изменяют только амплитудные и фазовые составляющие. (Искажают АЧХ и ФЧХ соответственно.) **Нелинейные искажения** вносят изменения в спектр сигнала. Количество их в сигнале представляется в виде коэффициентов нелинейных искажений и интермодуляционных искажений.

**Коэффициент нелинейных искажений** (КНИ, THD – total harmonic distortion) – это показатель, характеризующий степень отличия формы напряжения или тока от идеальной синусоидальной формы. По-русски: на вход подается синусоида. На выходе она сама на себя не похожа, так как тракт вносит изменения в виде дополнительных гармоник. Степень отличия сигнала на входе и на выходе отражается этим коэффициентом.



**Коэффициент интермодуляционных искажений** – это проявление амплитудной нелинейности, выраженной в виде модуляционных продуктов, появляющихся при подаче сигнала, состоящих из сигналов с частотами  $f_1$  и  $f_2$  (исходя из рекомендации МЭК 268-5, для измерений берутся частоты  $f_1$  и  $f_2$ , такие, что  $f_1 < f_2/8$ . Можно взять и другое соотношение между частотами). Количественно интермодуляционные искажения оценивают по спектральным компонентам с частотами  $f_2 \pm (n-1)f_1$ , где  $n=2,3,\dots$ . На выходе системы сравнивают количество лишних гармоник и оценивают, какой процент спектра они занимают. Результатом сравнения и является коэффициент интермодуляционного искажения. Если измерения проводятся для нескольких  $n$  (обычно 2 и 3 достаточно), то итоговый коэффициент интермодуляционных искажений вычисляется из промежуточных (для разных  $n$ ) путем взятия квадратного корня из суммы их квадратов.

## Мощность

О ней можно говорить очень долго, так как видов измеряемых мощностей динамиков много.

Несколько аксиом:

- громкость не зависит только от мощности. Она зависит также от чувствительности самого динамика. А для акустической системы чувствительность определяется чувствительностью самого большого динамика, так как он и есть самый чувствительный;
- указанная максимальная мощность не означает, что можно подать ее на систему и колонки будут отлично играть. Все как раз неприятней. Максимальная мощность в течение длительного времени с высокой вероятностью чего-нибудь повредит в динамике. Гарантия производителя! Мощность следует понимать, как недостижимую границу. Только меньше. Не равно и уж тем более – больше;
- мало того! При максимальной или близкой к ней мощности система будет играть на редкость плохо, потому что искажения вырастут до совершенно неприличных значений.

Мощность акустической системы бывает электрической и акустической. Акустическую мощность увидеть на коробке с акустикой нереально. Видимо, чтобы не отпугнуть клиента маленькой цифрой. Дело в том, что КПД (коэффициент полезного действия) ГГ (головки громкоговорителя) в очень хорошем случае достигает 1%. Обычное же значение лежит от 0.5%. Таким образом, акустическая мощность системы в идеале может составить одну сотую его электрического потенциала. Все остальное рассеивается в виде тепла, тратится на преодоление упругих и вязких сил динамика.

Основные виды мощностей, которые можно увидеть на акустике, такие: RMS, PMPO. Это электрические мощности.

**RMS** (Root Mean Squared – среднеквадратичное значение) – усредненное значение подводимой электрической мощности. Мощность, измеренная таким образом, имеет смысловую нагрузку. Измеряется подачей синусоиды с частотой 1000 Гц, ограничена сверху заданным значением КНИ (THD). Обязательно необходимо изучить, какой же уровень нелинейных искажений производитель считал допустимым, чтобы не обмануться. Может оказаться так, что система заявлена в 20 Ватт на канал, но измерения проведены при 10% КНИ. В итоге слушать акустику на данной мощности невозможно. Также на RMS-мощности колонки могут играть длительное время.

**PMPO** (Peak Music Power Output – пиковая выходная музыкальная мощность). Какая польза от того, узнает ли человек о том, что его система, возможно, перенесет коротенький, меньше секунды, синус низкой частоты с большой мощностью? Тем не менее, производители очень любят этот параметр. Ведь на пластиковых колоночках размером с детский кулачок может стоять гордая цифра 100 Ватт. Здоровые коробки советских С-90 и рядом не валялись! :) Как ни странно, к реальной PMPO такие цифры имеют очень отдаленное отношение. Эмпирическим путем (исходя из опыта и наблюдений) можно получить приблизительно реальные ватты. Возьмем Genius SPG-06 для примера (PMPO-120 Ватт). Надо PMPO разделить на 10 (12 Ватт) и на 2 (число каналов). На выходе – 6 Ватт, что похоже на реальный показатель. Еще раз: этот метод не научный, а основан на наблюдениях автора. Обычно работает. Реально этот параметр не так и велик, а огромные цифры основаны только на бурной фантазии маркетингового отдела.

## Параметры Тила-Смолла

Эти параметры полностью описывают динамик. Есть параметры как конструктивные (площадь, масса подвижной системы), так и неконструктивные (которые следуют из конструктивных). Их всего 15 штук. Для того чтобы примерно представить себе, что за динамик работает в колонке, достаточно четырех из них.

Резонансная частота динамика **Fs** (Гц) – частота резонанса динамика, работающего без акустического оформления.

Зависит от массы подвижной системы и жесткости подвеса. Важно знать, так как ниже резонансной частоты динамик практически не звучит (уровень звукового давления сильно и резко падает).

Эквивалентный объем **Vas** (литры) – полезный объем корпуса, нужный для работы динамика. Зависит только от площади диффузора ( $S_d$ ) и гибкости подвеса. Важен потому, что, работая, динамик опирается не только на подвес, но и на воздух внутри ящика. Если давление будет не таким, какое нужно, то не видать идеальной работы динамика.

Полная добротность **Qts** – соотношение упругих и вязких сил в подвижной системе динамика вблизи частоты резонанса. Чем выше добротность, тем выше упругость в динамике и тем более охотно он звучит на резонансной частоте. Складывается из механической и электрической добротностей. Механическая – это упругости подвеса и гофра центрирующей шайбы. Как ни привычно, но именно гофр оказывает большую упругость, а не внешние подвесы. Механическая добротность – 10-15% полной добротности. Все остальное – электрическая добротность, образованная магнитом и катушкой динамика.

Сопротивление постоянному току **Re** (Ом). Пояснять особо как-то здесь и нечего. Сопротивление обмотки головки постоянному току.

Механическая добротность **Qms** – отношение упругих и вязких сил динамика, упругость считается только механических элементов динамика. Складывается из упругости подвеса и гофра центрирующей шайбы.

Электрическая добротность **Qes** – отношение упругих и вязких сил динамика, упругие силы возникают в электрической части динамика (магнит и катушка).

Площадь диффузора **Sd** ( $m^2$ ) – меряется, грубо говоря, линейкой. Никакого тайного смысла не имеет.

Чувствительность **SPL** (дБ) – уровень звукового давления, развиваемого громкоговорителем. Измеряется на расстоянии 1 метра при подводимой мощности 1 Ватт и частоте 1 кГц (обычно). Чем выше чувствительность, тем громче играет система. В двух- и более полосной системе чувствительность равна SPL самого чувствительного динамика (обычно это басовый лопух).

Индуктивность **Le** (Генри) – это индуктивность катушки динамика.

Импеданс **Z** (Ом) – комплексная характеристика, которая появляется не на постоянном токе, а на переменном. Дело в том, что в таком случае, реактивные элементы начинают вдруг сопротивляться току. Сопротивление зависит от частоты. Таким образом, импеданс – отношение комплексной амплитуды напряжения и комплексной силы тока на определенной частоте. (Комплексное сопротивление, зависящее от частоты, другими словами).

Пиковая мощность **Pe** (Ватт) – это РМРО, которая рассмотрена выше.

Масса подвижной системы **Mms** (г) – эффективная масса подвижной системы, которая включает в себя массу диффузора и колеблющегося вместе с ним воздуха.

Относительная жесткость **Cms** (метров/ньютон) – гибкость подвижной системы головки громкоговорителя, смещение под воздействием механической нагрузки (например, пальца, который целится потыкать динамик). Чем больше параметр, тем мягче подвес.

Механическое сопротивление **Rms** (кг/сек) – активное механическое сопротивление головки. Все, что может оказать механическое сопротивление в головке, сюда входит.

Двигательная мощность **BL** – значение плотности магнитного потока, умноженного на длину провода в катушке. Также этот параметр называется силовым фактором динамика. Можно сказать, что это та мощность, которая будет действовать на диффузор со стороны магнита.

Все перечисленные параметры тесно взаимосвязаны. Это довольно очевидно из определений. Вот основные зависимости:

- **Fs** растет при увеличении жесткости подвеса и падает с увеличением массы подвижной системы;
- **Vas** уменьшается при увеличении жесткости подвеса и растет с увеличением площади диффузора;
- **Qts** растет при увеличении жесткости подвеса и массы подвижной системы и падает при увеличении мощности **BL**.

Итак, теперь вы знакомы с базовым теоретическим аппаратом, необходимым для понимания статей по акустическим системам. Перейдем же непосредственно к методике тестирования, которой пользуются авторы нашего портала.

## Методика тестирования

### АЧХ. Методика измерения и трактовка

В начале данного раздела немного отклонимся от основной темы и объясним, зачем все это делается. Во-первых, мы хотим описать наш собственный метод измерения АЧХ, чтобы у читателя не возникало дополнительных вопросов. Во-вторых, мы подробно расскажем, как воспринимать полученные графики и что можно сказать по приведенным зависимостям, а также чего говорить не стоит. Для начала методика.

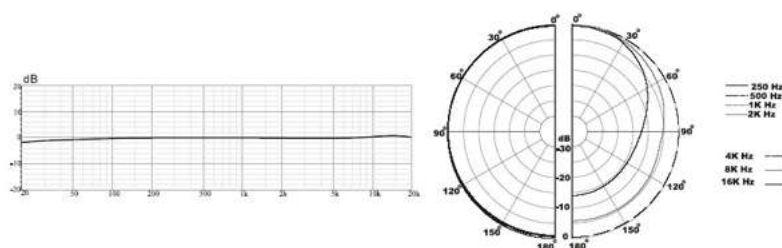


### Измерительный микрофон Nady CM-100

Наша методика измерения АЧХ вполне традиционна и мало чем отличается от общепринятых принципов проведения подробных экспериментов. Собственно сам комплекс состоит из двух частей: железной и софтовой. Начнем с описания реальных приборов, которые используются в рамках нашей работы. В качестве измерительного микрофона мы применяем высокочастотный конденсаторный микрофон Behringer ECM-8000 с круговой диаграммой направленности (всенаправленный), при относительно низкой цене он обладает довольно хорошими параметрами. Так сказать, это "сердце" нашей системы. Данный инструмент разработан специально для использования с современной техникой в составе бюджетных измерительных лабораторий. Также в нашем распоряжении имеется похожий микрофон Nady CM-100. Характеристики обоих микрофонов практически повторяют друг друга, однако мы всегда указываем каким микрофоном была измерена та или иная АЧХ. Для примера приведем заявленные технические характеристики микрофона Nady CM-100:

- импеданс: 600 Ом;
- чувствительность: -40 дБ (0 дБ = 1 В/Па);
- частотный диапазон: 20-20000 Гц;
- максимальное звуковое давление: 120 дБ SPL;
- питание: фантомное 15...48 В.

#### FREQUENCY RESPONSE



### АЧХ измерительного микрофона

При измерениях микрофон крепится с помощью специальной стойки Proel. Стойка позволяет четко фиксировать микрофон в пространстве, выбирать любую высоту и углы наклона. Так же это способствует повышению точности измерения, т.к. уменьшается количество паразитных интерференций и переотражений.



### Микрофонный предусилитель M-Audio AudioBuddy

В качестве микрофонного предусилителя мы используем внешнее компактное решение M-Audio AudioBuddy. Предусилитель AudioBuddy разработан специально для применения в области цифровой звукозаписи и оптимизирован для работы с микрофонами, которым необходимо фантомное питание. Плюс к этому в распоряжении пользователя

оказываются независимые выходы: балансные или небалансные TRS. Основные параметры предусилителя таковы:

- частотный диапазон: 5-50 000 Гц;
- микрофонное усиление: 60 дБ;
- входное сопротивление микрофонного входа: 1 кОм;
- усиление инструментов: 40 дБ;
- входное сопротивление инструментального входа: 100 кОм;
- питание: 9 В АС, 300 мА.



**Звуковая плата ESI Juli@**

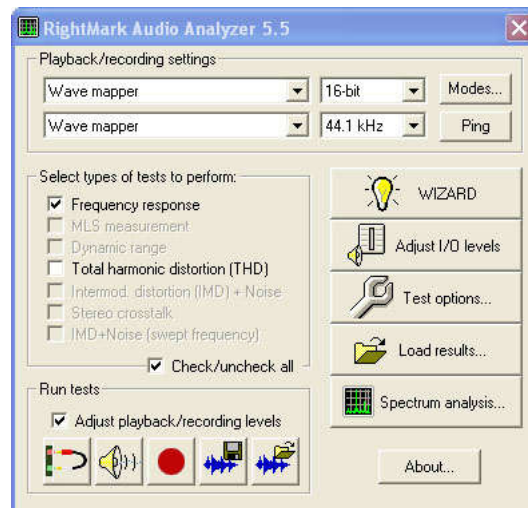
Для дальнейшего анализа сигнал с выхода усилителя поступает на вход компьютерного аудио интерфейса, в качестве которого используется PCI-плата ESI Juli@. Данное решение смело можно отнести к классу полупрофессиональных устройств или даже профессиональных начального уровня. Основные параметры:

- количество I/O: 4 входа (2 аналоговых, 2 цифровых), 6 выходов (2 аналоговых, 4 цифровых);
- АЦП/ЦАП: 24-бит/192 кГц;
- частотный диапазон: 20 Гц - 21 кГц, +/- 0.5 дБ;
- динамический диапазон: АЦП 114 дБ, ЦАП 112 дБ;
- входы: 2 аналоговых, 2 цифровых (S/PDIF Coaxial);
- выходы: 2 аналоговых, 2 цифровых (S/PDIF Coaxial или Optical);
- MIDI: 1 MIDI вход и 1 MIDI выход;
- интерфейс: PCI;
- синхронизация: MTC, S/PDIF;
- драйверы: поддержка EWDM драйвера для Windows 98SE/ME/2000 и XP, MAC OS 10.2 или старше.



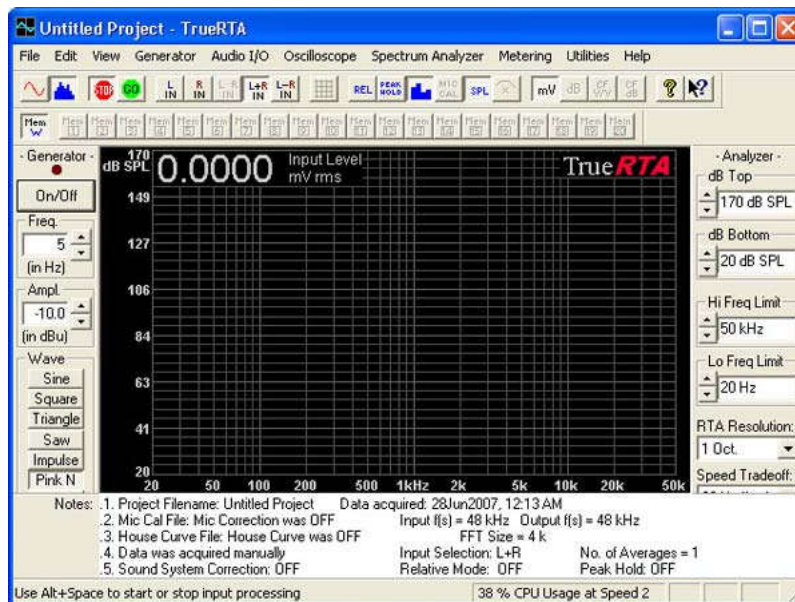
В целом, неравномерность тракта всей системы в диапазоне частот 20-20000 Гц лежит в пределах +/- 1...2 дБ, поэтому наши измерения можно считать довольно точными. Основным негативным фактором является то, что все замеры проводятся в среднестатистическом жилом помещении со стандартной реверберацией. Площадь комнаты составляет 34 м<sup>2</sup>, объем – 102 м<sup>3</sup>. Использование безэховой камеры, естественно, повышает точность получаемого результата, однако стоимость такой камеры составляет минимум несколько десятков тысяч долларов, поэтому позволить себе такую "роскошь" могут лишь крупные производители акустических систем или же иные весьма обеспеченные организации. Однако есть в этом и ощутимые плюсы: так, АЧХ в реальном помещении всегда будет далека от АЧХ, которая получена производителем в тестовой камере. Поэтому по нашим результатам мы можем сделать некоторые выводы по взаимодействию конкретной акустики со среднестатистической комнатой. Данная информация тоже очень ценна, ведь любая система будет эксплуатироваться в реальных условиях.



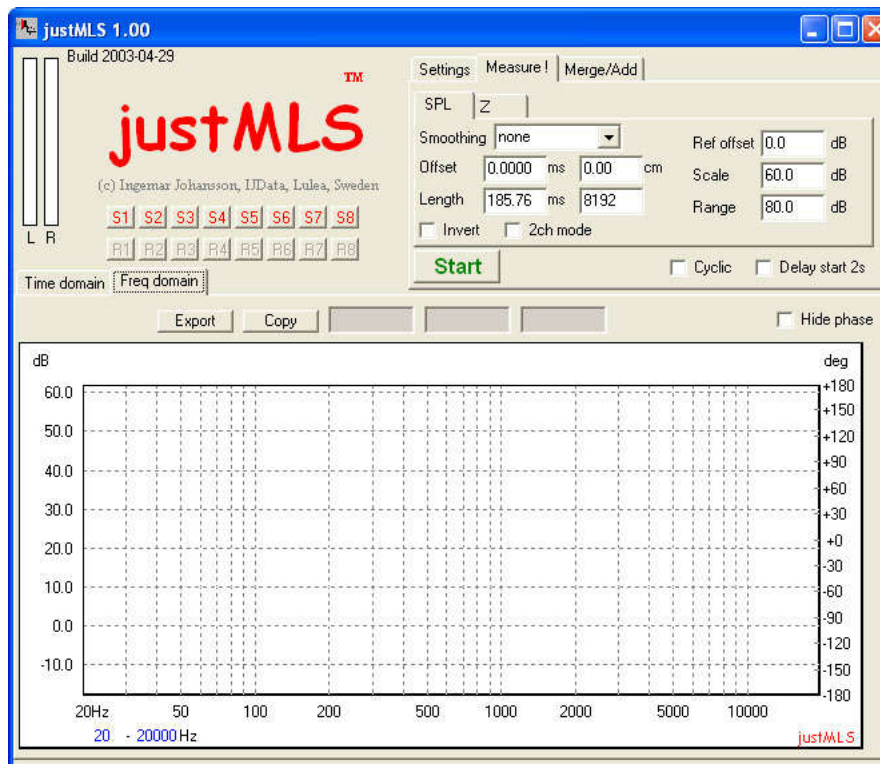


### Популярная утилита RightMark Audio Analyzer

Вторым немаловажным моментом является программная часть. В нашем распоряжении есть несколько профессиональных программных комплексов, таких как RightMark Audio Analyzer ver. 5.5 (RMAA), TrueRTA ver. 3.3.2, LSPCad ver. 5.25, и т.д. Как правило, мы используем удобную утилиту RMAA, при условии бесплатного распространения и постоянных обновлений она весьма практична и обеспечивает высокую точность измерений. Фактически, она уже стала стандартом среди тестовых пакетов во всем рунете.



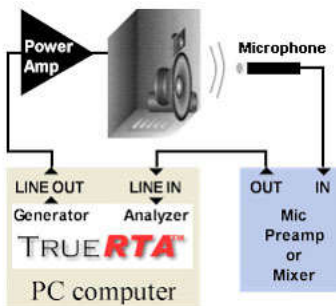
### Программа TrueRTA



#### Измерительный модуль JustMLS программы LSPCad

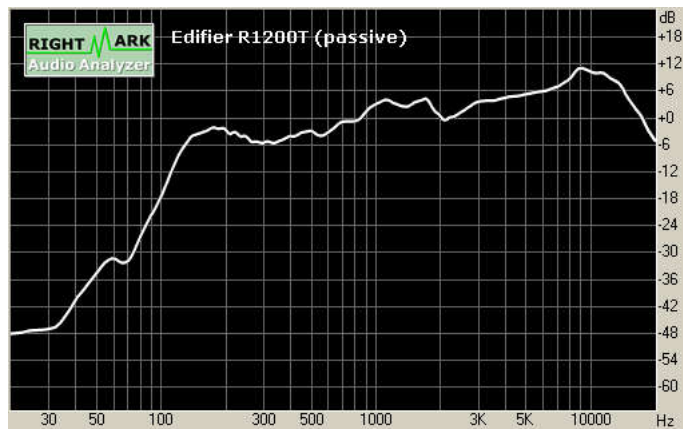
Казалось бы, любое измерение должно проводиться по строго установленным правилам, однако в области акустики данных правил слишком много, и зачастую они несколько расходятся между собой. Например, основные нормы и методы измерения приводятся сразу в нескольких весьма весомых документах: устаревшие ГОСТы СССР (ГОСТ 16122-87 и ГОСТ 23262-88), рекомендации МЭК (публикации 268-5, 581-5 и 581-7), немецкий стандарт DIN 45500, а также американские положения AES и EIA.

Свои измерения мы производим следующим образом. Акустическая система (АС) устанавливается в центре комнаты при максимальном удалении от стен и объемных предметов, для инсталляции используется качественная стойка высотой 1 м. Микрофон устанавливается на расстоянии порядка метра на прямой оси. Высота выбирается таким образом, что бы микрофон "смотрел" примерно в центральную точку между динамиками СЧ и ВЧ. Полученная АЧХ называется характеристикой, снятой на прямой оси, и в классической электроакустике считается одним из важнейших параметров. Считается, что верность воспроизведения напрямую зависит от неравномерности АЧХ. Однако об этом читайте чуть ниже. Также мы всегда измеряем угловые характеристики системы. В идеальном случае необходимо получить целый набор зависимостей в вертикальной и горизонтальной плоскостях с шагом 10...15 градусов. Тогда вполне обосновано можно сделать выводы о диаграмме направленности колонок, дать советы по верной расстановке в пространстве. По сути, угловые АЧХ имеют не меньшее значение, нежели АЧХ по прямой оси, поскольку они определяют характер звука, доходящего до слушателя после отражения от стен помещения. По некоторым данным, доля отражений в точке прослушивания достигает 80% и более. Также мы снимаем все возможные характеристики тракта при всех имеющихся частотных регулировках, режимах типа 3D, и т.д.



#### Упрощенная блок-схема процесса измерений

Далее происходит анализ полученных результатов. Здесь следует немного заострить внимание читателя на строении и способе работы слухового аппарата человека. Все люди слышат по-разному и имеют различную разрешающую способность слуха, как по частоте, так и по времени. Обмануть уши человека очень просто, а порой подобный обман воспринимается только с положительной стороны. Не зря записи многих именитых исполнителей производятся с существенными коррекциями АЧХ. Однако все же есть некоторые усредненные значения. Например, наша слуховая система представляет многоканальный спектрометр, содержащий около 4000 избирательных фильтров, что позволяет ей хорошо анализировать короткие импульсы, поскольку полоса пропускания избирательных фильтров достаточно велика. Причем разрешающая способность слуха выше при малой интенсивности звука, именно поэтому для субъективного прослушивания рекомендуется музыка, где повышенная интенсивность довольно редка, например, классика, джаз, вокал, и т.д. В свою очередь, громкая, можно сказать, агрессивная музыка, помогает выявить наличие паразитных резонансов, изучить атаку системы, а также сделать однозначные выводы по развиваемому звуковому давлению. Поэтому при прослушивании желательно задействовать максимальное количество стилей и направлений. В итоге после нескольких часов уже можно делать весьма информативные и точные выводы. В общих же чертах АЧХ слуховой системы (слухового нерва) близка к АЧХ низкочастотного фильтра второго порядка с частотой среза 2 кГц. Поэтому субъективное разрешение по частоте падает на частотах выше 2 кГц с наклоном 12 дБ на октаву. Именно поэтому средние частоты так важны при формировании музыкального образа, а высокие являются не столь важными, хотя роль их тоже весьма велика. Все это прекрасно коррелирует с тезисами по оценке АЧХ, которые будут изложены далее.



По этим графикам можно сказать многое...

### Субъективное прослушивание

Итак, графики АЧХ получены. Что можно сказать, подробно изучив их? На самом деле сказать можно много, но оценить однозначно систему по данным зависимостям невозможно. Мало того, что АЧХ - это не очень информативная характеристика, и требуется еще целый ряд дополнительных измерений, например, импульсной характеристики, переходной характеристики, кумулятивного затухания спектра, и др., так даже по этим исчерпывающим зависимостям дать однозначную оценку акустики довольно сложно. Веским доказательством тому может служить официально заявленное AES (Journal of AES, 1994 год), что субъективная оценка просто необходима для получения полного представления об акустической системе в сумме с объективными измерениями. Иными словами, человек может слышать некий артефакт, а понять, откуда он берется, можно, лишь проведя ряд точных замеров. Иногда измерения помогают выявить несущественный недостаток, который запросто может проскользнуть мимо ушей при прослушивании, и "поймать" его можно, только акцентировав свое внимание именно на этом диапазоне.

Для начала необходимо разбить весь частотный диапазон на характерные участки, чтобы было понятно, о чем идет речь. Согласитесь, когда мы говорим "средние частоты", ведь непонятно, сколько это: 300 Гц или 1 кГц? Посему предлагаем пользоваться удобной разбивкой всего звукового диапазона на 10 октав, описанной в предыдущем разделе.

Наконец, переходим непосредственно к моменту субъективного описания звука. Существуют тысячи терминов для оценки слышимого. Наиболее оптимальным вариантом является использование некой документированной системы. И такая система есть, ее предлагает авторитетнейшее издание с полувековой историей Stereophile. Относительно недавно (в начале 90-х гг. прошлого века) был опубликован акустический словарь Audio Glossary под редакцией Гордона Холта. В словаре изложена трактовка более 2000 понятий, которые тем или иным образом относятся к звуку. Мы предлагаем ознакомиться лишь с малой их частью, которая относится к субъективному описанию звука в переводе Александра Белканова (Журнал "Салон АВ"):

- ah-ah (рифмуется с "rah" - Ура). Окраска гласных, вызываемая пиком в АЧХ в районе 1000 Гц.
- Airy - воздушность. Относится к ВЧ, звучащим легко, нежно, открыто, с ощущением неограниченного верха. Свойство системы, имеющей очень ровную характеристику на высоких частотах.
- aw - (рифмуется с "raw" [ро:] - лапа). Окраска гласных, вызываемая пиком в АЧХ в районе 450 Гц. Стремится подчеркнуть, приукрасить звучание больших медных (тромбон, труба).
- Boomy - прочтите слово "бум" с долгим "м". Характеризует избыток среднего баса, зачастую с преобладанием узкой полосы НЧ (очень близко к "one-note-bass" - бас на одной ноте).
- Voxu (дословно - "ящикный"): 1) характеризуемый "oh"- окраской гласных, будто внутри ящика говорит голова; 2) используется для описания верхнего баса/нижней середины звучания акустических систем с чрезмерными резонансами стенок корпуса.
- Bright, brilliant - яркий, с блеском, сверкающий. Зачастую неверно употребляемый в аудио термин, он описывает степень твердости грани воспроизводимого звука. Яркость относится к энергии, содержащейся в полосе 4-8 кГц. Это не относится к самым верхним частотам. Все живые звуки обладают яркостью, проблема возникает лишь при ее избыточности.
- Buzz - жужжащий НЧ звук, имеющий пушистый из-за некоторой неопределенности или усаженный остриями характер.
- Chesty - от chest (грудная клетка). Резко выраженная плотность или тяжесть при воспроизведении мужского голоса из-за чрезмерной энергии в верхнем басы/нижней части СЧ.
- Closed-in (дословно - спрятанный, закрытый). Нуждается в открытости, воздухе и хорошей детальности. Закрытое звучание обычно вызвано спадом ВЧ выше 10 кГц.
- Coherent - согласованный. Имеет отношение к звучанию множественных АС - цельного сверху донизу. Без демонстрации слышимых признаков частот раздела.
- Cold - холодный, более сильный, чем cool - прохладный. Имеет некоторый избыток ВЧ и ослабленные низкие.
- Coloration - окраска. Слышимая "сигнатура", которой воспроизводящая система окрашивает все сигналы, проходящие через нее.
- Cool - прохладный. Умеренно лишенный плотности и теплоты вследствие монотонного затухания, начиная с частоты 150 Гц.
- Crisp - четкий, ясно очерченный. Точно локализованный и детальный, иногда чрезмерно из-за пика в середине ВЧ диапазона.

- Cupped-hands - рупор из ладоней. Окраска с носовым призвуком или в крайнем проявлении - звук через мегафон.
- Dark - темный, мрачный (дословно). Теплое, мягкое, чрезмерно богатое звучание. Воспринимается на слух как наклон АЧХ по часовой стрелке во всем диапазоне, так что выходной уровень ослабляется с ростом частоты.
- Dip (дословно - погружение, провал). Узкий провал посреди ровной АЧХ.
- Discontinuity (дословно - разрыв). Изменение тембра или окраски при переходе сигнала от одной головки к другой в многополосных акустических системах.
- Dished, dished-down - в виде блюдца, перевернутого блюдца. Описывает АЧХ с проваленной серединой. В звучании много баса и верхних частот, глубина преувеличена. Восприятие, как правило, безжизненное.
- Dry (дословно - сухой). Описывает качество баса: обедненный, скудный, как правило, передемпфированный.
- Dull (дословно - тупой, тусклый, скучный, вялый, подавленный). Описывает безжизненное, завуалированное звучание. Такой же, как "soft" - мягкий, но в большей степени. Слышимый эффект спада ВЧ после 5 кГц.
- ee - рифмуется с we. Окраска гласных, вызванная пиком в АЧХ в районе 3,5 кГц.
- eh - как в "bed". Окраска гласных, вызванная коротким подъемом АЧХ в районе 2 кГц.
- Extreme highs - сверхвысокие. Диапазон слышимых частот выше 10 кГц.
- Fat (дословно - обильный, богатый, жирный, маслянистый). Слышимый эффект умеренной избыточности среднего и верхнего баса. Чрезмерно теплый, больше "warm".
- Forward, forwardness (дословно - выдвинутый на передний план, придвинутость). Качество воспроизведения, создающее впечатление, что источники звука расположены ближе, чем они находились при записи. Как правило, это результат "горба" в среднем диапазоне плюс узкой направленности акустических систем.
- Glare (дословно - ослепительный, сверкающий). Неприятное качество жесткости или яркости вследствие чрезмерной энергии нижнего или среднего верха.
- Golden (дословно - золотой). Благозвучная окраска, характеризуемая округлостью, богатством, мелодичностью.
- Hard (дословно - твердый, жесткий). Стремящийся к стальному, но не столь пронзительный. Часто это результат умеренного "горба" в районе 6 кГц, иногда вызван небольшими искажениями.
- Horn sound - рупорный звук, сделанный через рупор. Окраска "aw", присущая многим акустическим системам, имеющим среднечастотный рупорный излучатель.
- Hot (дословно - горячий). Резкий резонансный выброс в высоких частотах.
- Hum (дословно - жужжание). Непрерывный "зуд" на частотах, кратных 50 Гц. Вызван прониканием основной частоты питания либо его гармоник в тракт воспроизведения.
- Humpled (дословно - сгорбленный). Характеризует звучание, выдвинутое вперед (по пространственной характеристике). Общее звучание вялое, скудное. Вызвано широким подъемом средних частот и довольно ранним спадом низких и высоких.
- in - как в слове "bit". Окраска гласных, вызванная пиком в АЧХ в районе 3,5 кГц.
- Laid-back (дословно - отодвинутый назад, задвинутый). Подавленное, отдаленное звучание, с преувеличенной глубиной, обычно из-за проваленного в виде блюдца среднего диапазона.
- Leap - худой, тощий, хилый. Эффект слабого спада АЧХ вниз, начиная с 500 Гц. Выражен слабее, чем "cool" - прохладный.
- Light - светлый. Слышимый эффект наклона АЧХ против часовой стрелки относительно середины. Сравни с "dark" - темный.
- Loose - рыхлый, болтающийся, неустойчивый. Относится к плохо выраженному/размытому и плохо управляемому басу. Проблемы с демпфированием усилителя или динамических головок/акустического оформления колонок.
- Lumpy (дословно - комковатый). Звучание, характеризуемое некоторой прерывностью АЧХ в нижней части, начиная с 1 кГц. Некоторые области кажутся выпяченными, другие - ослабленными.
- Muffled - приглушенный. Звучающий очень вяло, тупо, вовсе не имеющий в спектре высоких частот. Результат спада высоких частот выше 2 кГц.
- Nasal (дословно - гнусавый, носовой). Звучание похоже на то, если говорить с заложенным или зажатым носом. Похоже на окраску гласного "eh". В акустических системах причиной этого часто является измеряемый пик давления в верхней части среднего диапазона, сопровождаемый последующим провалом.
- oh - произношение как в слове "toe". Окраска гласного, вызываемая широким выбросом в АЧХ в районе 250 Гц.
- One-note-bass - бас на одной ноте. Преобладание одной низкой ноты - следствие острого пика в нижнем диапазоне. Обычно вызван плохим демпфированием НЧ головки, так же могут проявляться резонансы помещения.
- oo - произношение как в слове "gloom". Окраска гласного, вызвана широким выбросом в АЧХ в районе 120 Гц.
- Power range - диапазон максимальной энергии. Область частот примерно 200-500 Гц соответствует диапазону мощных инструментов оркестра - медных духовых.
- Presence range (дословно - диапазон присутствия). Нижняя часть верхнего диапазона примерно 1-3 кГц, создающая ощущение присутствия.
- Reticent (буквально - сдержанный). Умеренно отодвинутый назад. Описывает звучание системы, АЧХ которой имеет форму блюдца в среднем диапазоне. Противоположно forward.
- Ringing (буквально - звон). Слышимый эффект резонанса: окраска, смазанное/размытое звучание, пронзительность, гудение. Имеет природу узкого выброса на АЧХ.
- Seamless (дословно - без шва, из единого/цельного куска). Не имеет ощутимых разрывов во всем слышимом диапазоне.
- Seismic - сейсмический. Описывает воспроизведение НЧ, при котором создается впечатление, будто дрожит пол.
- Sibalance (буквально - свист, шипение). Окраска, подчеркивающая вокальный звук "с". Может быть связана с монотонным подъемом АЧХ от 4-5 кГц либо с широким выбросом в полосе 4-8 кГц.
- Silvery - серебристый. Несколько жесткое, но чистое звучание. Флейте, кларнету, альтам придает очерченность, но гонгу, колокольчикам, треугольнику может сообщить навязчивость, чрезмерную резкость.
- Sizzly - шипящий, свистящий. Подъем АЧХ в районе 8 кГц, добавляется шипение (присвист) ко всем звукам, особенно к звучанию тарелок и шипящим в вокальных партиях.
- Sodden, soggy (буквально - промокший, набухший от воды). Описывает рыхлый и плохо определенный бас. Создает ощущение неясности, неразборчивости в нижнем диапазоне.
- Solid-state sound - транзисторное звучание, звук полупроводников. Комбинация звуковых качеств, общая для большинства транзисторных усилителей: глубокий, плотный бас, слегка отодвинутый яркий характер сцены и ясно очерченные, детальные ВЧ.
- Spitty (дословно - плюющийся, фыркающий, шипящий). Резкая "ts" - окраска, излишне подчеркивающая музыкальные обертоны и шипящие. Похожа на шум поверхности виниловой пластинки. Обычно, результат острого пика АЧХ в области крайних ВЧ.
- Steely - стальной, сталистый. Описывает пронзительность, резкость, назойливость. Подобно "hard", но в большей степени.
- Thick - жирный, густой, тупой. Описывает промокший/тупой или громоздкий, тяжелый бас.
- Thin - жидкий, хилый, истонченный. Очень недостаточный по басу. Результат сильного, монотонного затухания вниз, начиная с 500 Гц.
- Tizzy (дословно - волнение, тревога), "zz" и "ff"-окраска звука тарелок и вокальных шипящих, вызванная ростом АЧХ выше 10 кГц. Подобна "wiry", но на более высоких частотах.
- Tonal quality - тональное качество. Точность/корректность, с которой воспроизводимый звук повторяет тембры оригинальных инструментов. (Мне кажется, этот термин будет хорошей заменой тембральному разрешению - А. Б.).
- Tube sound, tubeу - звук, обязанный присутствию ламп в тракте записи/воспроизведения. Комбинация звуковых качеств: сочность (богатство, живость, яркость красок) и теплота, избыток среднего и недостаток глубокого баса. Выпирающее изображение сцены. Верха гладкие, тонкие.
- Wiry - жесткий, напряженный. Вызывает раздражение искаженными верхними частотами. Подобен удару щеток по тарелкам, но способен окрасить все звуки, воспроизводимые системой.
- Wooly - вялый, расплывчатый, мохнатый. Относится к болтающемуся, рыхлому, плохо определенному басу.
- Zippy - живой, быстрый, энергичный. Незначительное выделение верхних октав.

Итак, теперь, глядя на приведенную АЧХ, можно охарактеризовать звучание одним или несколькими терминами из данного списка. Главное, что термины системные, и даже неопытный читатель может, посмотрев их значение, понять, что хотел сказать автор.

На каком же материале тестируется акустика? При выборе тестового материала мы руководствовались принципом разнообразия (ведь каждый использует акустику в совершенно различных применениях – кино, музыка, игры, не говоря уже про различные вкусы в музыке) и качества материала. В этой связи набор тестовых дисков традиционно включает:



- DVD-диски с фильмами и записями концертов в форматах DTS и DD 5.1;
- диски с играми для PC и Xbox 360, обладающими качественными саунд-треками;
- качественно записанные CD-диски с музыкой различных жанров и направлений;
- MP3-диски со сжатой музыкой, материал, который в основном прослушивается на MM-акустике;
- специальные тестовые CD и HDCD-диски аудиофильского качества.

Остановимся подробнее на тестовых дисках. Их предназначение – выявлять недостатки акустических систем. Выделяют тестовые диски с тестовым сигналом и с музыкальным материалом. Тестовые сигналы представляют собой сгенерированные реперные частоты (позволяют определить на слух граничные значения воспроизводимого диапазона), белый и розовый шумы, сигнал в фазе и противофазе и так далее. Наиболее интересными нам кажутся популярный тестовый диск **FSQ** (Fast Sound Quality) и **Prime Test CD**. Оба этих диска помимо искусственных сигналов содержат фрагменты музыкальных композиций.

Ко второй категории относятся аудиофильские диски, содержащие целые композиции, записанные в студиях высочайшего качества и прецизионно сведенные. Мы используем два лицензионных HDCD-диска (записанные с разрядностью 24 бита и частотой семплирования 88 КГц) – Audiophile Reference II (First Impression Music) и HDCD Sampler (Reference Recordings), а также CD-сэмплер классической музыки Reference Classic того же лейбла Reference Recordings.

**Audiophile Reference II** (диск позволяет оценить такие субъективные характеристики, как музыкальное разрешение, вовлеченность, эмоциональность и эффект присутствия, глубину нюансов звучания различных инструментов. Музыкальный материал диска – классические, джазовые и фольклорные произведения, записанные с высочайшим качеством и спродюсированные известным кудесником звука Уинстоном Ма. На записи можно встретить великолепный вокал, мощные китайские барабаны, глубокий струнный бас и на действительно качественной системе получить настоящее наслаждение от прослушивания.

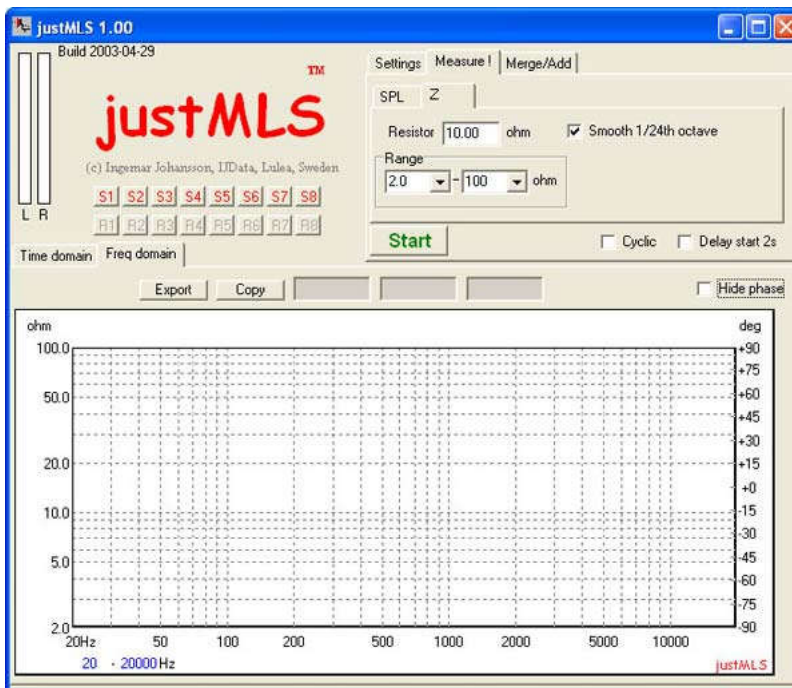
**HDCD Sampler** от Reference Recordings содержит симфоническую, камерную и джазовую музыку. На примере его композиций можно отслеживать способность акустических систем строить музыкальную сцену, передавать макро- и микродинамику, натуральность тембров различных инструментов.

**Reference Classic** демонстрирует нам настоящий конек Reference Recordings – записи камерной музыки. Основное предназначение диска – проверять систему на верность воспроизведения различных тембров и способность к созданию правильного стереоэффекта.

## Z-характеристика. Методика измерения и трактовка

Наверняка даже самый неопытный читатель знает, что любая динамическая головка, а, следовательно, и акустическая система в целом обладает постоянным сопротивлением. Данное сопротивление может расцениваться как сопротивление постоянному току. Для бытовой аппаратуры наиболее привычны цифры 4 и 8 Ом. В автомобильной технике зачастую встречаются динамики с сопротивлением 2 Ом. Сопротивление хороших мониторинговых наушников может достигать сотен Ом. С точки зрения физики данное сопротивление обусловлено свойствами проводника, из которого намотана катушка. Однако динамики, как и наушники, предназначены для работы с переменным током звуковой частоты. Ясно, что с изменением частоты изменяется и комплексное сопротивление. Зависимость, характеризующая это изменение, называется Z-характеристикой. Z-характеристика довольно важна для изучения, т.к. именно с помощью нее можно сделать однозначные выводы о правильности согласования динамика и усилителя, правильности расчета фильтра, и т.д. Для снятия данной зависимости мы используем программный пакет LSPCad 5.25, а точнее - измерительный модуль JustMLS. Его возможности таковы:

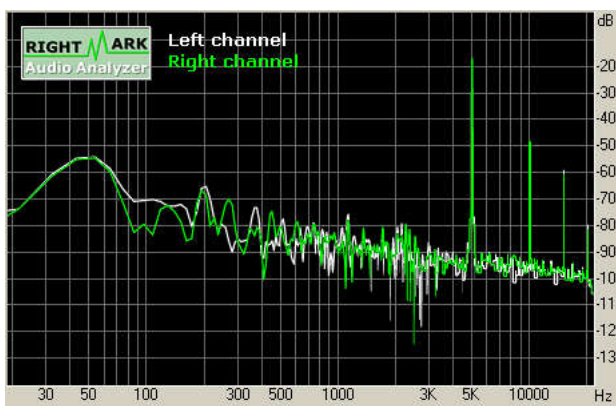
- Размер MLS (Maximum-Length Sequence): 32764, 16384, 8192 и 4096
- Размер FFT (Fast Fourier Transform): 8192, 1024 и 256 точек, используемых в различных полосах частот
- Частота дискретизации: 96000, 88200, 64000, 48000, 44100, 32000, 22050, 16000, 1025, 8000 Гц и выбираемая пользователем Custom (Выбрать).
- Сглаживание: Нет, 1/24, 1/12, 1/6, 1/3, 1/2 и 1 октавное.
- Окно: Половинное смещение
- Внутреннее представление: От 5 Гц до 50000 Гц, 1000 частотных точек с логарифмической периодичностью.



Для измерения необходимо собрать простенькую схему: последовательно с динамиком включается эталонный резистор (в нашем случае C2-29B-1), и сигнал с данного делителя подается на вход звуковой платы. Вся система (динамик/АС+резистор) подключается через усилитель мощности ЗЧ к выходу той же звуковой карты. Мы используем для этих целей интерфейс ESI Juli@. Программа очень удобна тем, что не требует тщательной и долгой настройки. Достаточно откалибровать звуковые уровни и нажать кнопку "Измерить". Через доли секунды мы видим готовый график. Далее происходит его анализ, в каждом конкретном случае мы преследуем разные цели. Так, при изучении низкочастотного динамика нас интересует резонансная частота для проверки правильности выбора акустического оформления. Знание резонансной частоты высокочастотной головки позволяет проанализировать правильность решения разделительного фильтра. В случае пассивной акустики нас интересует характеристика в целом: она должна быть максимально линейной, без резких пиков и провалов. Так, например, акустика, импеданс которой проседает ниже 2 Ом, придется "не по вкусу" практически любому усилителю. Такие вещи следует знать и учитывать.

### Нелинейные искажения. Методика измерения и трактовка

Нелинейные искажения (Total Harmonic Distortion, THD) являются важнейшим фактором при оценке акустических систем, усилителей, и т.д. Данный фактор обусловлен нелинейностью тракта, вследствие чего в спектре сигнала появляются дополнительные гармоники. Коэффициент нелинейных искажений (КНИ) рассчитывается как отношение квадрата основной гармоники к корню квадратному из суммы квадратов дополнительных гармоник. Как правило, при расчетах учитывается только вторая и третья гармоника, хотя точность можно повысить, учтя все дополнительные гармоники. Для современных акустических систем коэффициент нелинейных искажений нормируется в нескольких полосах частот. Например, для нулевой группы сложности по ГОСТ 23262—88, требования которого значительно превышают минимальные требования МЭК класса Hi-Fi, коэффициент не должен превышать 1.5% в полосе частот 250-2000 Гц и 1% в полосе 2-6.3 кГц. Сухие цифры, конечно, характеризуют систему в целом, однако фраза "КНИ=1%" еще мало о чем говорит. Яркий пример: ламповый усилитель с коэффициентом нелинейных искажений порядка 10% может звучать намного лучше транзисторного усилителя с тем же коэффициентом менее 1%. Дело в том, что искажения лампы в основном обусловлены теми гармониками, которые экранируются слуховыми порогами адаптации. Поэтому очень важно анализировать спектр сигнала в целом, описывая значения тех или иных гармоник.



Так выглядит спектр сигнала конкретной акустики на контрольной частоте 5 кГц

В принципе посмотреть распределение гармоник по спектру можно любым анализатором, как хардварным, так и софтовым. Без проблем это делают те же программы RMAA или TrueRTA. Как правило, мы используем первую. Тестовый сигнал генерируется с помощью простейшего генератора, используется несколько контрольных точек. Так, например, возросшие на высоких частотах нелинейные искажения значительно уменьшают микродинамику музыкального образа, а система с высокими искажениями в целом может просто-напросто сильно исказить тембральный баланс, хрипеть, иметь посторонние призвуки, и т.д. Также данные измерения позволяют более детально оценить акустику в комплексе с другими измерениями, проверить правильность расчета разделительных фильтров, ведь нелинейные искажения динамика сильно возрастают вне его рабочего диапазона.

### Структура статьи

Здесь мы опишем структуру статьи по акустическим системам. Несмотря на то, что мы стараемся сделать прочтение максимально приятным и не втискиваем себя в определенные рамки, статьи составляются с учетом данного плана, для того чтобы структура была четкой и понятной.

## 1. Введение

Здесь пишется общая информация о компании (если мы впервые знакомимся с ней), общая информация о линейке продукции (если впервые берем на тест), даем очерк состояния рынка на текущий момент. Если предыдущие варианты не подходят – пишем о тенденциях на рынке акустики, в дизайне и т.д. – чтобы было написано 2-3 тысячи символов (в дальнейшем – к). Указывается тип акустики (стерео, объемного звучания, трифоник, 5.1 и т.д.) и позиционирование на рынке – как мультимедиа-игровая для компьютера, универсальная, для прослушивания музыки для домашнего театра начального уровня, пассивная для домашнего театра и т.д.

## 2. ТТХ

Тактико-технические характеристики, сведенные в таблицу. Перед таблицей с ТТХ делаем небольшое вступление (например "от акустики стоимостью XXX мы вправе ожидать серьезных параметров YYY"). Вид таблицы и набор параметров следующий:

**Для систем 2.0**

Параметр	Значение
Выходная мощность, Вт (RMS)	
КНИ при номинальной мощности, %	
Внешние размеры колонок, ШхДхВ, мм	
Вес брутто, кг	
Вес нетто, кг	
Диаметр динамиков, мм	
Сопротивление динамиков, Ом	
Магнитное экранирование, наличие	
Напряжение питания, В	
Частотный диапазон, Гц	
Неравномерность АЧХ в рабочем диапазоне, +/- дБ	
Регулировка высоких частот, дБ	
Регулировка низких частот, дБ	
Перекрестные помехи, дБ	
Отношение сигнал/шум, дБ	
Комплектность	
Средняя розничная цена, \$	

**Для систем 2.1**

Параметр	Значение
Выходная мощность сателлитов, Вт (RMS)	
Выходная мощность сабвуфера, Вт (RMS)	
Выходная мощность суммарная, Вт (RMS)	
КНИ при номинальной мощности, %	
Внешние размеры сателлитов, ШхДхВ, мм	
Внешние размеры сабвуфера, ШхДхВ, мм	
Вес брутто, кг	
Вес нетто сателлитов, кг	
Вес нетто сабвуфера, кг	
Диаметр динамиков, мм	
Сопротивление динамиков, Ом	
Магнитное экранирование, наличие	
Напряжение питания, В	
Частотный диапазон сателлитов, Гц	
Частотный диапазон сабвуфера, Гц	
Неравномерность АЧХ в полном рабочем диапазоне, +/- дБ	

Регулировка высоких частот, дБ	
Регулировка низких частот, дБ	
Перекрестные помехи, дБ	
Отношение сигнал/шум, дБ	
Комплектность	
Средняя розничная цена, \$	

**Для систем 5.1**

Параметр	Значение
Выходная мощность фронтальных сателлитов, Вт (RMS)	
Выходная мощность тыловых сателлитов, Вт (RMS)	
Выходная мощность центрального канала, Вт (RMS)	
Выходная мощность сабвуфера, Вт (RMS)	
Выходная мощность суммарная, Вт (RMS)	
КНИ при номинальной мощности, %	
Внешние размеры фронтальных сателлитов, ШхДхВ, мм	
Внешние размеры тыловых сателлитов, ШхДхВ, мм	
Внешние размеры центрального канала, ШхДхВ, мм	
Внешние размеры сабвуфера, ШхДхВ, мм	
Вес брутто, кг	
Вес нетто фронтальных сателлитов, кг	
Вес нетто тыловых сателлитов, кг	
Вес нетто центрального канала, кг	
Вес нетто сабвуфера, кг	
Диаметр динамиков, мм	
Сопротивление динамиков, Ом	
Магнитное экранирование, наличие	
Напряжение питания, В	
Частотный диапазон сателлитов, Гц	
Частотный диапазон сабвуфера, Гц	
Неравномерность АЧХ в полном рабочем диапазоне, +/- дБ	
Регулировка высоких частот, дБ	
Регулировка низких частот, дБ	
Перекрестные помехи, дБ	
Отношение сигнал/шум, дБ	
Комплектность	
Средняя розничная цена, \$	

За основу мы берем приведенные таблицы, при наличии дополнительных данных делаем еще графы, графы для которых данных нет, просто убираем. После таблицы с ТТХ небольшие предварительные выводы.

## 3. Упаковка и комплектация

Описываем комплект поставки и коробку, минимум две фотографии. Тут оцениваем полноту комплекта, описываем характер входящих в комплект кабелей, по возможности оцениваем их сечение/диаметр. Делаем вывод о соответствии комплекта ценовой категории, удобстве и дизайне упаковки. Отмечаем наличие русскоязычного руководства по эксплуатации, его полноту.

## 4. Дизайн, эргономика и функциональность

Описываем первое впечатление от дизайна. Отмечаем характер материалов, их толщину, добротность. Оцениваем дизайнерские решения с точки зрения потенциального влияния на звук (не забывая добавлять слово "предположительно"). Оцениваем качество изготовления, наличие ножек/шипов, гриля/акустической ткани перед диффузорами. Ищем крепления, возможность установки на стойку/полку/стену.

Описывается эргономика и впечатления от работы с акустикой (исключая прослушивание). Отмечается наличие щелчка



при включении, достаточна ли длина проводов, удобно ли пользоваться всеми органами управления. Реализация органов управления (аналоговые ползунки или "крутелки", цифровые валкодеры, тумблеры и т.д.) Несколько фотографий органов управления, ПДУ если есть, фото колонок в обстановке или в сравнении с обычными предметами. Удобство и скорость коммутации, необходимость проверки фазировки, помогает ли инструкция и т.д. Отмечаем эффективность магнитного экранирования (на ЭЛТ-мониторе или телевизоре). Обращаем внимание на дополнительные входы, режимы работы (псевдо-сюрраунд звучание, встроенный FM-тюнер и т.р.), сервисные возможности.

#### 5. Конструкция

Разбираем колонки, если есть сабвуфер – то ещё и его. Отмечаем следующие конструктивные особенности:

- Тип акустического оформления (открытое, закрытый ящик, фазоинвертор, пассивный излучатель, трансмиссионная линия и т.д.) + общее фото внутреннего строения;
- Размеры и внутренний объем корпуса, предположить сочетаемость АО с ГГ;
- Расположение головок громкоговорителя (ГГ), способ крепления к акустическому оформлению;
- Качество внутреннего монтажа, сборки, крепления + 1-2 фото с деталями внутреннего монтажа;
- Наличие механического демпфирования, качество его исполнения и примененные материалы + фото;
- Форма и размеры фазоинвертора (если есть), его расположение (предположительное влияние на звук) и вероятные приспособления изготовителя для устранения струйных шумов + фото;
- Качество внутренней проводки, наличие защиты от перегрузки, предложения по модернизации;
- Используемые ГГ – тип, материал изготовления (бумага, пропитанный шелк, алюминий, пластик и т.д.), характер поверхности диффузора (конический, экспоненциальная поверхность, гофрированный, с "ребрами жесткости" и т.д.) и защитного колпачка (плоский, "акустическая пуля" и т.д.), подвес (резиновый, бумажный и т.д.), степень жесткости подвеса), диаметр катушки, охлаждение у твиттера, маркировка, сопротивление + фото каждой ГГ;
- Тип крепления провода к колонкам (безразъемное, винтовые зажимы, пружинные зажимы, под "банан" и т.л.) + фото;
- Разъемы для сигнального кабеля – типы, количество, качество исполнения.

Схемами и графиками мы иллюстрируем следующие вещи:

- Усилительная микросхема(ы) – таблица с ключевыми характеристиками, их анализ на соответствие ТТХ и динамикам, если есть возможность – привести график зависимости мощности от КНИ и фото, можно фото радиатора;
- Трансформатор питания – таблица с токами, тип трансформатора (тор, на Ш-образных пластинах и т.д.) с указанием общей мощности в ВА, выводы о наличии запаса мощности по питанию, наличие фильтра питания и т.д. + фото;
- Разделительный фильтр – зарисовываем схему, указываем порядок фильтра (и соответственно ослабление сигнала), делаем вывод об оправданности; применения (при наличии соответствующих измерений), делаем расчет частоты среза в случае если в дальнейшем измеряем резонанс и/или Z-характеристику;
- Делаем расчет резонансной частоты фазоинвертора, приводим формулу и обосновываем ее использование.

#### 6. Измерения

Делаем следующие измерения и приводим анализ по каждому из них, делаем предположения по характеру звучания.

- Осевая АЧХ колонок с подробным анализом;
- АЧХ колонок по углам 30 и 45 градусов, анализ характера дисперсии динамика;
- АЧХ сабвуфера (если есть) + суммарная АЧХ систем, анализ качества; согласования трифоника, влияние резонанса фазоинвертора;
- Осевая АЧХ в зависимости от регулировок тембра (если есть);
- АЧХ у фазоинвертора, анализ;
- Спектр гармонических искажений;
- АЧХ динамиков по отдельности (например НЧ и ВЧ), если в этом есть необходимость.

#### 7. Прослушивание

Вначале даем первую субъективную оценку характеру звучания, указываем, достаточна ли громкость для различных режимов воспроизведения. Отмечаем особенности работы акустики в каждом из типичных применений – кино (для 5.1 систем делаем упор на качество позиционирования), музыка и игры. Указываем тип помещения для прослушивания, его площадь и объем, а также степень требовательности данной акустики к помещению. Далее мы разбираем звучание колонок, используя описанный выше список характеристик и терминологию. Стараемся избегать субъективных замечаний и при каждой возможности делаем сноску на результат измерений, подтвердивший ту или иную особенность звучания. Вообще весь анализ звучания делается в ключе увязки с измерениями. Обязательно обращается внимание на следующие параметры:

- Характер работы акустики в каждом из ключевых диапазонов частот, насколько тот или иной диапазон акцентируется;
- Характер и качество стереозвучания (ширины сцены, позиционирования на ней источников звука и инструментов), для акустики 5.1 отдельно дается оценка пространственного позиционирования. Не забываем правильно расставить акустику (угол на фронтальную пару 45 градусов, расстояние чуть больше стереобазы, тыловая пара вдвое ближе к слушателю, чем фронтальная, все колонки на уровне ушей);
- Детальность, прозрачность звучания, "зернистость" (послеимпульсная активность на средних и высоких частотах);
- Наличие окраски и её характер в разных диапазонах, тембральный баланс и естественность звучания;
- Четкость звуковой атаки (импульсная характеристика) и отдельно – работа сабвуфера (если есть);
- Насыщенность сигнала гармониками (теплота или холодность звучания);
- Микро- и макродинамика звучания, детальность фоновых звуков, "открытость" или "зажатость" звучания (ширина динамического диапазона, качество переходной характеристики ГГ);
- Наличие искажений (хрип) и паразитных резонансов (гул, свист) – на какой громкости;
- Оптимальные значения регулировок тембра.

#### 8. Выводы

Здесь дается общая оценка акустике, в первую очередь, соответствие примененных в ней решений конечному результату и ценовой категории. Оценивается, насколько акустика удачна, перспектива, подходит в качестве "заготовки" для модификаций. Дается список плюсов и минусов системы.

### Заключение

Усидчивый читатель, завершив чтение этой статьи, наверняка вынес что-то новое и интересное для себя. Мы не пытались объять необъятное и осветить все возможные аспекты анализа акустических систем и, тем более, теории звука, оставим это профильным изданиям, у каждого из которых свой взгляд на ту грань, где кончается физика и начинается шаманство. Зато теперь все аспекты тестирования акустики авторами нашего портала должны быть предельно ясны. Мы не устаем повторять, что звук – дело субъективное, и руководствоваться при выборе акустики одними тестами нельзя, однако надеемся, что наши обзоры значительно помогут вам. Хорошего вам звука, уважаемые читатели!



Нравится < 2



**Содержание статьи:**

**Стр.1:** Введение, часть 1

**Стр.2:** Часть 2

**Стр.3:** Часть 3, заключение

Заметили ошибку? Выделите фрагмент текста и нажмите CTRL+ENTER! OrphoReport 1.0  
Copyright 2004-2015 by **TECHLABS**. All rights reserved.  
Программирование - monsterclub. Дизайн сайта - Webcom Media. Карта сайта.