



# Акустические системы изнутри

**Иван Рогожкин**

**Е**сли говорить о таком понятии, как тракт звуковоспроизведения, то акустические системы (АС) в нем — заключительный элемент. Соответственно от параметров АС и уровня качества зависит финальный результат — то, что мы слышим. Правильно подобрав акустические системы, вы сможете наилучшим образом реализовать аудиовозможности компьютера, а если сделаете ошибку — все испортите. Для удачного выбора требуется знание основ технологии и принципов построения АС, о чем мы и поговорим в этой статье.

Первые заявки на изобретения динамических громкоговорителей (динамиков) датируются еще позапрошлым веком, но эти изобретения слишком сильно опередили свое время, а потому оказались невостребованными. Пока не появились ламповые усилители (в 1920-х годах) не существовало источников достаточно мощного сигнала. В течение прошедшего столетия динамики постоянно совершенствовались, но их базовая конструкция, как ни удивительно, мало изменилась.

В компьютерной технике практически всегда применяются активные акустические системы, т. е. снабженные собственным усилителем мощности, который обычно встроен внутрь одной из колонок, но иногда и в виде отдельного блока. Существует несколько видов классификации компьютерных АС. Во-первых, их различают по числу и типу компонентов, говоря о конфигурациях 2.0, 2.1, 4.0, 4.1, 5.1, 7.1 и 7.2. Во-вторых, по количеству полос, на которые разбивается

воспроизводимый частотный диапазон. В третьих, учитывают такие характеристики, как число и размер динамиков, вариант исполнения (навесные на монитор, настольные, полочные, напольные, стоечные и т. д., средства дистанционного управления (с проводным и беспроводным пультом), встроенные регуляторы и материал корпуса (дерево, металл, фибролит, пластик). И конечно же, колонки подразделяют по ценовым категориям как одному из основных критериев для покупателей.

Классификация акустических систем по уровню качества (классности, или группам сложности, согласно терминологии советских ГОСТов, действующих у нас и поныне), созданная для бытовой, любительской и профессиональной аудиоаппаратуры, в компьютерном мире не прижилась.

## Устройство динамиков

Работа динамика классической конструкции основана на эффекте силового взаимодействия катушки с электрическим током и поля постоянного магнита. В головке динамика находятся магнит кольцевой формы и магнитопроводы, концентрирующие магнитное поле в пределах узкого кольцевого зазора. В этот зазор вставляется цилиндрическая гильза с катушкой, прикрепленная к диффузору, который в свою очередь зафиксирован на упругом подвесе, допускающем движение вдоль оси катушки и препятствующем поперечному смещению. В зависимости от поданного на катушку напряжения и его полярности диффузор сдвигается на определенное расстояние наружу или внутрь динамика. При подаче на катушку переменного

напряжения возникают колебания диффузора, преобразующие электрический сигнал в звук.

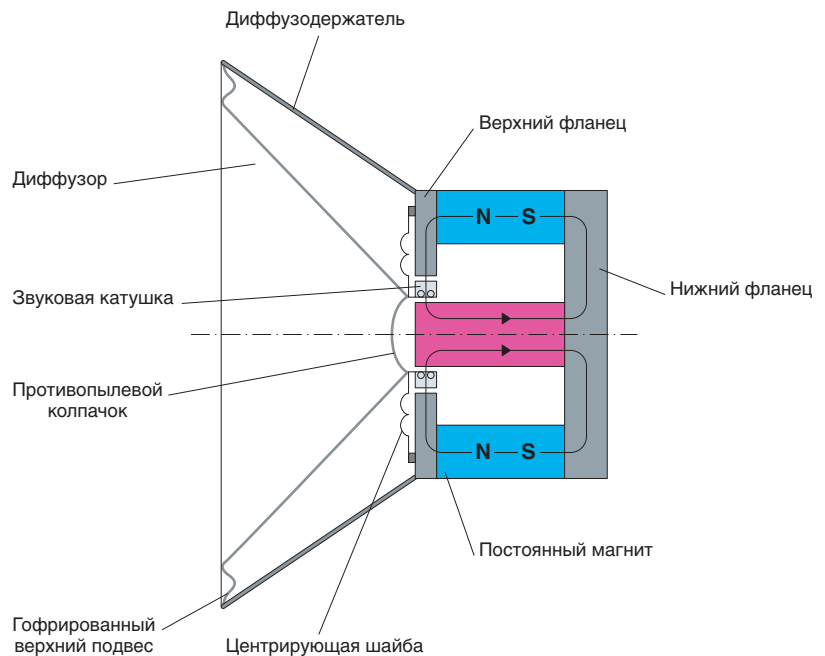
Диффузор заключен в металлическую или пластмассовую раму (корзину, которую еще иногда называют диффузодержателем) с широкими прорезями, обеспечивающими свободное движение воздуха. Рама должна быть максимально жесткой, не создавать резонансов и вибраций, способных повлиять на качество звучания. Сам диффузор у высокочастотных динамиков имеет купольную форму, у динамиков остальных типов — коническую форму с криволинейной образующей.

Подвес диффузора состоит из двух элементов: внутренней гофрированной и пропитанной клеем матерчатой центрирующей шайбы и внешнего кольца из резины, каучука, полиуретана или других упругих материалов. Внешний подвес может быть выполнен также в виде гофра с одной или несколькими канавками, сформированного прямо на диффузоре.

Диффузоры для НЧ- и СЧ-динамиков обычно штампуют из бумажной массы, в ВЧ-головках используются пропитанные клеем натуральные или синтетические ткани, полимеры (наиболее известен кевлар), легкие металлы и даже керамика.

Катушка обычно изготавливается из медного (реже алюминиевого) провода в лаковой изоляции, намотанного на легкую гильзу в два или четыре слоя. В особо мощных динамиках применяется провод прямоугольного сечения, лучше, чем круглый, заполняющий зазор. Дело в том, что чем зазор уже, тем сильнее магнитное поле и, следовательно, выше чувствительность динамика (звуковое давление при том же входном напряжении). Напряжение на катушку подводится через специальный сверхгибкий провод. При подаче слишком мощного сигнала диффузор смещается настолько, что катушка выходит из магнитного поля. Динамик при этом оказывается в нелинейном режиме, а потому создает искажения, хорошо различимые на слух. При слишком малом сигнале, когда силы взаимодействия катушки с магнитным полем не хватает, чтобы сдвинуть диффузор, тоже возникает нелинейность.

Как видите, у разработчиков динамиков проблем хватает. Если не принять специальных мер по увеличению жесткости, на высокой частоте будет работать лишь центральная часть диффузора. Конус просто не будет поспевать за смещениями катушки. Для решения проблемы на конический



Динамик в разрезе

диффузор наносят концентрические канавки. Фирмы экспериментируют с различными формами и материалами, вплоть до использования легких и прочных авиационных сплавов магния, алюминия и титана.

Магнитные экраны динамикам нужны, чтобы исключить искажения оттенков на экране ЭЛТ-монитора, рядом с которым установлены колонки, из-за намагничивания маски ЭЛТ. Магнитный экран обычно выполнен в виде колпачка из магнитомягкого материала. Повсеместное вытеснение ЭЛТ-мониторов жидкокристаллическими делает наличие магнитного экрана несущественным требованием.

Динамики акустических систем различают по размерам, омическому сопротивлению (обычно от 4 до 16 Ом), материалам диффузора и гибкого подвеса, форме диффузора и противопылевого колпачка в его середине. В качестве магнитного материала можно использовать феррит, кобальт, сплавы «альнико» (AlNiCo) и даже

На фотографии миниатюрного динамика с прозрачным диффузором отлично видна катушка, подвешенная в кольцевом зазоре



## Два аспекта восприятия

Как говорит народная мудрость, встречают по одежке, провожают по уму. В момент знакомства с акустическими системами в магазине у покупателя включается первичное, поверхностное восприятие (психологи называют его рецептивным) — человек обращает внимание на оформление (например, сияющие светодиоды и люминесцентные индикаторы) и заявленные параметры, видит средства управления и многочисленные логотипы, слышит рев динамиков и ощущает сотрясение воздуха.

После покупки, когда возбуждение от новинки поуляжется и потребитель приступит к реальному использованию акустических систем, у него включится более глубокое и тонкое (интроцептивное) восприятие. В этот момент внимание будет сосредоточено на самом звуке, а впечатления от оформления АС и их заявленных характеристик отойдут на задний план.

Описанные особенности человеческого восприятия позволяют изготовителям в своей маркетинговой и производственной политике делать разные акценты. Так, одни фирмы стремятся к наиболее точному звуковоспроизведению, объявив дизайн АС не столь существенным. Другие фокусируются на выигрышном внешнем виде, удобстве в управлении, индикаторах, больших броских регуляторах и т. п. (такую акустику иногда называют декоративной). Некоторые фирмы стараются в своих изделиях разумно совместить оба подхода.

сплавы с участием редкоземельных металлов (самарий-кобальт, неодим-железо-бор).

Помимо динамиков классической конструкции существует множество альтернативных устройств получения звука, которые, впрочем, не нашли широкого распространения в компьютерной сфере.

Плоские электростатические звуковые излучатели требуют подачи высокого напряжения (киловольты!) для того, чтобы тонкая мембрана заметно сдвигалась под воздействием сил электростатического притяжения или отталкивания. Электретные и пьезоэлектрические громкоговорители обладают своими недостатками, например, первые требуют регулярной активации электрического заряда на поверхности пленки, а вторые дают сильные искажения.

Излучатели Хейла внешне напоминают гармошку из фольги. Складываясь или раскладываясь под воздействием звуковой катушки (или другого преобразователя), гофрированная фольга вбирает или вытесняет воздух, создавая звуковые волны. Эффективная поверхность такого излучателя может

быть весьма велика, поскольку малому движению катушки соответствует большой объем вытесняемого воздуха.

Плоский излучатель NXT SurfaceSound (эту технологию широко использует компания TDK), разработанный английской компанией NXT Plc., состоит из тонкой гибкой пластины с установленным на краю возбудителем. Принцип действия здесь принципиально иной, чем у привычного динамика, — пластина не колеблется как единое целое, а работает как фазированная антенная решетка благодаря акустическим волам, которые перемещаются по пластине подобно волнам на морской поверхности.

Существуют несколько фирменных технологий, созданных в попытке объединить преимущества классических динамиков и плоских звуковых излучателей. Так, компания Genius использует технологию изготовления плоских динамиков InVision. Головка возбудителя приводит в движение плоский диффузор, выполненный из композитного материала с включением углеродных волокон. В отличие от плоских излучателей NXT SurfaceSound, здесь весь диффузор колеблется синхронно. Углеродные волокна придают ему необходимую для этого прочность и жесткость, не увеличивая массу. Как и конический диффузор обычной динамической головки, плоский излучатель InVision имеет гибкую тканевую подвеску.

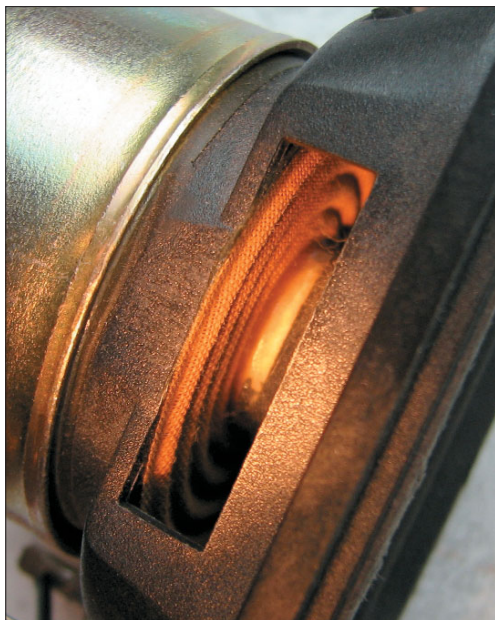
Разработчики экспериментируют даже с деревянными излучателями, например, — фирма JVC разработала и выпускает динамики Woodcone с деревянными диффузорами.

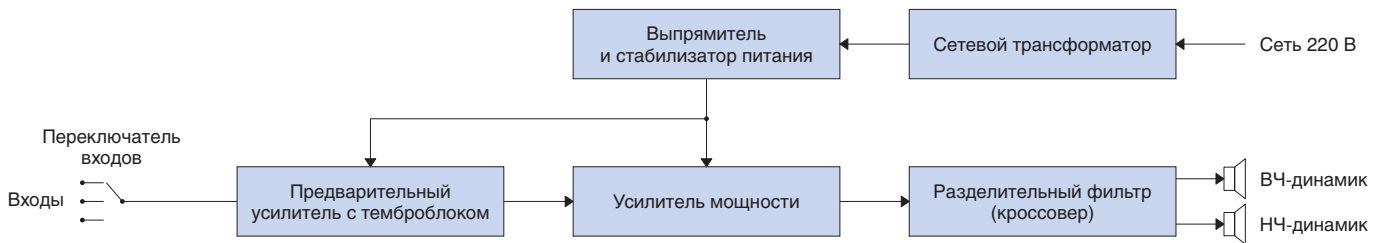
## Электрические схемы АС

Изготовители акустических систем избегают импульсных блоков питания, создающих высокочастотные помехи. Вместо них применяют традиционные силовые трансформаторы, выпрямители и компенсационные стабилизаторы. Зная КПД такого стабилизатора и усилителя мощности, можно утверждать, что выходная мощность активных акустических систем не может превышать 70% от мощности, потребляемой от сети.

Типовая блок-схема двухполосных двухкомпонентных акустических систем показана на рисунке. Для упрощения на ней изображен только один звуковой канал, второй выглядит аналогично (сетевой трансформатор и стабилизатор питания для обоих каналов общие). Входной звуковой сигнал с переключателя поступает на предва-

Диффузор удерживается от поперечных колебаний гофрированной матерчатой шайбой





Блок-схема двухполосных акустических систем

рительный усилитель, где происходит подстройка тембра и, в некоторых системах, вносятся эффекты псевдостереофонического звучания, например SRS WOW! Далее сигнал попадает на усилитель мощности (обычно он выполняется на полупроводниковых микросхемах семейства TDA), после чего поступает на пассивный разделительный фильтр (кроссовер), который выделяет частотные составляющие для ВЧ- и НЧ-динамиков, и на сами динамики. В зависимости от числа реактивных компонентов (конденсаторов и индуктивностей) фильтр может иметь первый или второй порядок. Динамики преобразуют электрические колебания в звуковые волны.

На низких частотах длина звуковой волны намного превышает размеры челове-

ского уха, поэтому человек с трудом определяет направление на источник басовых колебаний. Этот эффект используют изготовители сабвуферных систем. Сабвуфер — это низкочастотная колонка (одна на весь акустический комплект), которая обслуживает все звуковые каналы. Если каналов два, тогда говорят о конфигурации 2.1; если больше, получаются схемы 4.1, 5.1 и т. д. Для комплектов без сабвуфера используют обозначения 2.0, 4.0 и т. д.

В сабвуферных системах разделительный фильтр устанавливается до, а не после усилителя мощности. Выходные разделительные фильтры здесь тоже имеются — в случае, если сателлиты двухполосные.

Некоторые изготовители применяют нетрадиционные электронные схемы с раз-

## Маркетинговые характеристики

Если созданием и отработкой технологии АС занимаются инженеры и технологи, то в сфере продаж правит бал маркетинг. Именно маркетологи решают вопросы о том, как представить изделие покупателю и какие технические характеристики указать в документации и рекламных проспектах.

Одно из правил маркетинга гласит: Для успешного продвижения продукции на рынке заявленные характеристики новой модели должны быть хотя бы немного лучше, чем старой. Пока промышленная технология находится на начальных стадиях развития, этот принцип удовлетворяется сам собой. Так, ЖК-мониторы с середины 1990-х гг. и до 2005 г. быстро дешевели и улучшали такие характеристики, как точность цветопередачи, расширение углов обзора, уменьшение времени отклика пиксела, снижение цены и т. д. С акустическими системами дело обстоит, к сожалению, иначе. Технология производства высококачественных АС была доведена почти до совершенства еще пару десятилетий назад. Сегодня, как назло, у изготовителей часто не получается существенно улучшить качество, им даже не всегда удается снизить цену, поскольку дорожают все необходимые сырьевые товары: нефть, из которой делается пластмасса, дерево для корпусов, металл для динамиков и всевозможных конструктивных элементов. Но законы маркетинга неумолимо требуют своего... в результате заявленные характеристики все больше и больше отрываются от реальности, естественно, в сторону завышения.

Каким же образом завышаются паспортные характеристики? Обычно из всех возможных указывается наиболее выигрыш-

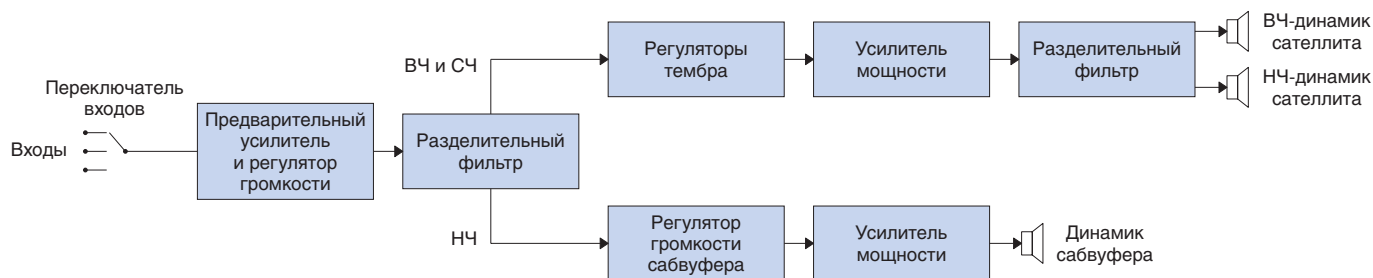
ная величина. Например, в качестве мощности активных акустических систем приводится мощность встроенного усилителя или даже блока питания, а не динамиков, хотя именно они воспроизводят звук. Бывает и наоборот: если в АС установлен 50-Вт усилитель и 100-Вт динамики, номинальная паспортная мощность, скорее всего, окажется равной 100 Вт.

Другой традиционный источник путаницы — частотный диапазон. Фирмы ради улучшения паспортных характеристик меняют способ измерения полосы частот, скажем, допуская снижение звукового давления на краях АЧХ до 16 вместо 8 дБ.

В принципе методики измерения должны определяться классом акустических систем, как описано в отечественных и международных стандартах. Речь идет о ГОСТах СССР (ГОСТ 16122-87 и ГОСТ 23262-88), рекомендациях МЭК (публикации 268-56 581-5 и 581-7), немецком стандарте DIN 45500 и американских спецификациях AES и EIA. Но беда в том, что ни соответствие стандарту, ни неравномерность АЧХ в документации часто не указываются, в результате сравнивать акустические системы по паспортным параметрам становится невозможно.

Эмпирическое правило гласит: Чем больше характеристик приводит (и тем самым обязуется их соблюдать) изготовитель, тем больше вероятность, что данные акустические системы имеют приличное качество.

Если паспортные параметры мало говорят о качестве компьютерных акустических систем, рачительному покупателю приходится становиться специалистом в аудиотехнологиях.



Сабвуферные акустические системы (схемы питания не показаны)

дельными ВЧ- и НЧ-усилителями в каждом канале. Подобные решения позволяют использовать активные разделительные фильтры высокого порядка, но требуют увеличенного числа оконечных усилителей и их точного согласования по фазовым характеристикам.

### Конструктивные решения

По конструктивному исполнению компьютерные колонки делятся на два основных класса — герметичные и фазоинверторные. Изощренные аудиофильские схемы типа «звуковой лабиринт» в ком-

пьютерной технике распространения не получили.

Благодаря упругости воздуха герметичный корпус делает АЧХ более равномерной и улучшает импульсную характеристику (реакцию на ступенчатый сигнал). Недостаток такого исполнения — низкий КПД, что означает меньшую громкость при той же подводимой мощности. Корпус с трубой фазоинвертора увеличивает КПД, но ухудшает импульсную характеристику. Нижняя граница АЧХ зависит от резонансной частоты системы, объединяющей диффузор, воздух внутри колонки и трубы фазоинвертора.

## Словарь терминов

**Crossover** — кроссовер, модуль частотного фильтра, включаемый между усилителем и динамиками для разделения частотных полос. Обычно содержит фильтры ВЧ и НЧ второго порядка и варистор для защиты высокочастотного динамика от перегрузки.

**DIN 45500** — немецкий стандарт, описывающий методики измерения характеристик акустических систем, см. [www.din.de](http://www.din.de).

**DIN Power** — электрическая мощность сигнала частотой 1 кГц, при которой нелинейные искажения достигают 1%.

**PMPO** (Peak Music Power Output, пиковая кратковременная музыкальная мощность) — максимальная мощность, которая может кратковременно подаваться на динамики акустической системы. Методика измерения, согласно немецкому стандарту DIN 45500, следующая: на АС подается кратковременный (менее 2 с) сигнал частотой ниже 250 Гц. Колонки проходят испытания, если при этом не возникает уловимых на слух искажений.

**RMS** (Root Mean Squared) — среднеквадратичное значение электрической мощности, ограниченной заданными нелинейными искажениями. Измеряется

мощность синусоидального сигнала на частоте 1 кГц при достижении уровня гармонических искажений, равного 10%. Звук с такими искажениями слушать не захочется.

**Tweeter** — высокочастотный динамик, твиттер, «пищалка».

**Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ)** — график, показывающий зависимость звукового давления, измеряемого в децибелах, от частоты входного сигнала во всем диапазоне воспроизводимых частот. В идеальном случае АЧХ выглядит как прямая горизонтальная линия.

**ГОСТ 23262—88** — отечественный стандарт, характеризующий номинальную мощность акустических систем. Согласно стандарту, разработчик имеет некоторую свободу в том, какой вид мощности указывать — паспортную шумовую мощность, максимальную кратковременную мощность или максимальную долговременную мощность.

**Диффузор** — подвижная часть динамической головки, создающая звуковые колебания.

**Импеданс** (impedance, полное электрическое сопротивление) — параметр, необходимый для согласования характеристик усилителя и акустических сис-

тем. Для покупателя активных акустических систем его величина не имеет значения.

**Кевлар** — кристаллический полимерный материал, используемый при изготовлении диффузоров (чаще всего для среднечастотных динамиков).

**Коэффициент гармонических и нелинейных искажений (THD, Total Harmonic Distortion)**, для краткости коэффициент гармоник (КГ), характеризует появление в звуке спектральных составляющих, отсутствовавших в исходном сигнале. КГ измеряется в процентах или децибелах.

**Максимальная долговременная мощность** — электрическая мощность, которую громкоговорители выдерживают без повреждений в течение минуты. Испытания повторяют 10 раз с интервалом в 2 мин. Испытательный сигнал тот же, что и при измерении максимальной кратковременной мощности. Максимальная долговременная мощность определяет момент, когда нарушается тепловая прочность динамиков (начинается сползание витков звуковой катушки и пр.).

**Максимальная кратковременная мощность** — электрическая мощность, которую динамики акустических систем

Сабвуфер — это резонансная камера, рассчитанная на усиление низких частот, и практически всегда он изготавливается по фазоинверторной схеме.

Иногда в сабвуферах используется два динамика, причем один из них может быть пассивным (т. е. к нему сигнал не подводится).

Важные элементы конструкции АС — разъемы для подключения кабелей. Для соединения усилителя с сателлитами предпочтительны пружинные или винтовые зажимы под оголенный провод, чтобы можно было применить кабель с большим сечением и, следовательно, низким омическим сопротивлением.

Многокомпонентные акустические системы для домашнего кинотеатра, выполненные по схемам 5.1 и 7.1, требуют особого расположения в помещении вокруг слушателя, в противном случае потеряется ощущение пространственного звучания и ухудшится локализация источников звука в пространстве.

### Звуковое материаловедение

Материал корпуса во многом определяет внешний вид, конструктивные и звуковые характеристики колонок. Наилучшая по качеству звучания акустика получается из натурального дерева, но этот материал не настолько технологичен, чтобы из него можно было в массовых масштабах изготавливать оригинально оформленные колонки произвольной формы. Доски из натурального дерева на практике используются редко — их заменяют близкие по акустическим свойствам древесноволокнистые и древесностружечные плиты, более удобные в обработке и массовом производстве.

Пластмасса и металл ухудшают звучание АС, но позволяют придавать колонкам



Сабвуфер представляет собой резонансную камеру с динамиком и трубой фазоинвертора. Внутри хватает места для блока питания и усилителей

выдерживают без повреждений (проверяется по отсутствию дребезжания) на протяжении короткого промежутка времени. В качестве испытательного сигнала используется розовый шум, который подается в течение 2 с. Испытания проводятся 60 раз с интервалом в 1 мин. Данный показатель дает возможность судить о кратковременных перегрузках, которые способен перенести динамик.

**Отношение сигнал-шум** — характеристика, определяющая относительный уровень посторонних шумов, создаваемых акустическими системами. Измеряется в децибелах.

**Паспортная шумовая мощность** — электрическая мощность, ограниченная исключительно тепловыми и механическими повреждениями акустических систем, например сползанием витков звуковой катушки, выгоранием припоя в местах пайки, обрывом гибких кабелей и т. п. Измеряется при подаче розового шума в течение 100 ч.

**Розовый шум** — набор случайных колебаний с линейной спектральной плотностью, уменьшающейся по мере роста частоты (на 3 дБ за октаву) во всем диапазоне измеряемых частот. Розовый шум имеет постоянную энергию в любой области частотного диапазона.

**Сабвуфер** — отдельная низкочастот-

ная колонка (одна на весь акустический комплект), обычно устанавливаемая на полу.

**Сателлиты** — широкополосные колонки, используемые в сабвуферных комплектах для воспроизведения средних и высоких частот.

**Тонкомпенсация** — функция увеличения уровня высоких и низких частот при небольшом уровне громкости. Компенсирует пониженную чувствительность человеческого уха к этим частотам, наблюдаемую при малой громкости.

**Уровень звукового (характеристического) давления (SPL, Sound Pressure Level)** — то же самое, что и чувствительность.

**Фазоинвертор** — техническое решение, позволяющее увеличить эффективность динамика благодаря использованию колебаний от задней стороны диффузора. Путь звуковой волны рассчитывается так, чтобы колебания от обеих поверхностей диффузора сложились в фазе, усиливая друг друга.

**Фазочастотная характеристика (ФЧХ)** — зависимость изменения фазы звукового колебания от частоты подаваемого синусоидального звукового сигнала в области воспроизводимых частот.

**Характеристика (диаграмма) направленности** — зависимость уровня звукового давления от угла поворота АС относительно оси ВЧ-динамиков в полярных координатах, измеренная на одной или нескольких фиксированных частотах. Позволяет оценить пространственное распределение излучаемых акустической системой звуковых колебаний и оптимально расположить акустические системы в различных помещениях.

**Чувствительность** — интенсивность звукового давления, развиваемого колонкой на расстоянии 1 м при подаче на динамики гармонического сигнала частотой 1000 Гц и мощностью 1 Вт. Единица измерения обозначается дБ/Вт•м.

**Эффективный диапазон частот (FR, frequency response)** — это диапазон частот, в пределах которого АЧХ звукового давления АС не выходит за пределы заданных допусков. Допуски зависят от стандарта, по которому проводились измерения. Например, если в инструкции к АС говорится, что параметры соответствуют ГОСТ 23262-88, тогда АЧХ на краях диапазона не должна опускаться более чем на 8 дБ относительно среднего уровня.

оригинальную форму и добавлять необычные декоративные элементы. Некоторые изготовители, вдохновленные примером компании Apple Computer, создают колонки из прозрачного пластика. Так, в привлекательных АС Harman Kardon Sound Stick II даже корпус низкочастотного динамика, расположенного в сабвуфере, отлит из прозрачной пластмассы!

Композитные материалы с использованием углеродных волокон позволяют изготавливать плоские диффузоры



Другие пытаются найти компромисс между качеством и внешним видом, изготавливая сабвуфер из дерева, а сателлиты из пластика или металла. Всевозможные декоративные элементы на деревянных корпусах помогают разнообразить дизайн, но порой создают дребезг и паразитные резонансы.

Для уменьшения призвуков и резонансов, а также повышения надежности электронных платы внутри акустических систем промазывают клеями и мастиками.

#### Вспомогательные элементы

Удобство использования многокомпонентных АС существенно зависит от расположения регуляторов и наличия средств дистанционного управления. Так, сабвуфер рекомендуется ставить на пол, но, если на нем расположены органы управления и нет пульта ДУ, вам придется часто наклоняться.

Помимо общего регулятора громкости, который имеют все активные акустические системы, могут понадобиться следующие средства управления. Регуляторы тембра помогут подстроить уровни высоких и низких частот (в системе с сабвуфером уровень басов меняется громкостью сабвуфера). Кнопка Mute пригодится для временного отключения звука (чтобы, например, ответить на звонок телефона). Регулятор уровня задних каналов позво-



Для предохранения динамиков от пыли и внешних механических воздействий колонки снабжают защитной решеткой или декоративной сеткой

лит менять глубину эффекта пространственного звучания.

В акустических системах помимо звукового усилителя могут быть различные встроенные электронные устройства. Генератор пространственного звучания (SRS, Surround Sound) позволит из монофонического сигнала создать псевдообъемный, придать звуку глубину. Декодер Dolby Digital (Surround EX, DTS) переводит единый цифровой поток, пересылаемый по цифровому интерфейсу SPDIF, в сигналы для шести или семи отдельных музыкальных каналов. Декодер Dolby Pro-Logic делает нечто аналогичное с двухканальным аналоговым сигналом. Если на компакт-диске имеется метка Dolby Pro-Logic, вы сможете на колонках с одноименной функцией услышать многоканальную пространственную запись.

Дополнительные входы позволяют подключить акустические системы не только к компьютеру, но и к CD-проигрывателю или бытовому DVD-плееру. Подключение через цифровой вход SPDIF гарантирует минимум наводок на сигнальные кабели. Если же вы воспользуетесь цифровым оптическим входом SPDIF, то сможете гальванически развязать компьютер и акустические системы, что поможет снизить общий уровень шума.

Колонок разного вида и размеров на рынке масса. Любой желающий потратить немного времени найдет себе подходящие по параметрам и возможностям системы. Но в целом среди производителей акустики мы рекомендуем выбирать те компании, которые сами разрабатывают и производят динамические головки. ■

Тороидальный силовой трансформатор занимает внутри колонки минимум места

