

Н О Я Б Р Ь 1 9 9 7

Hi-Fi, High End AUDIO

CLASS A

КОРА и ламповый импрессионизм

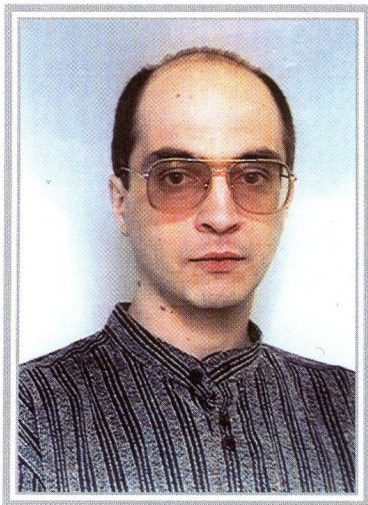
ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР И ЗВУКОЗАПИСЬ

ОТБОР И ТРЕНИРОВКА

КТО ЗАКАЗЫВАЕТ "МУЗЫКУ"?

СНЕШКА ЛИДЕРАМ НЕ К ЛИЦУ

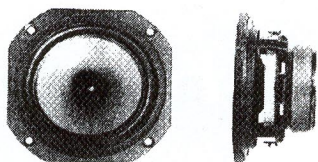
Audio Note



ДИНАМИКА



Любая фирма-производитель стремится завоевать признание у покупателей, в том числе и производители динамических головок для АС класса High End. Но главной особенностью этого сектора рынка является относительно небольшой общий объем сбыта продукции. Поэтому в каталогах многих фирм можно найти как шедевры технологической мысли, так и массовые изделия высокого качества, успешный сбыт которых позволяет финансировать исследования и держать на плаву флагманские модели. Мы предлагаем читателям небольшой обзор фирм-производителей высококачественных динамических головок.



Девизом французской фирмы **Audax**, входящей в альянс The Harman International Group, является «Technology and Innovation» («Технологии и новаторство»). Более 60 лет ее продукция находит применение в высококачественных громкоговорителях для аудио- и видеоиндустрии. Именно поэтому Audax часто называют «бабушкой» всех европейских акустических аудиофирм. Производство размещено во Франции и занимает около 10 акров частных земельных владений. Штат превышает 300 человек. Более 80% продукции экспортируется в страны Африки, Азии, Европы и Северной Америки.

Среди последних разработок фирмы наибольшее признание у слушателей получили миниатюрные ВЧ головки и технологии HD-A и HD-I (аэрогель высокой плотности).

На всех этапах производства осуществляется 100%-ный контроль качества продукции с применением компьютерных технологий. Каталог фирмы включает более 120 моделей головок. Audax разделяет свою продукцию на семь линий:

— **Tweeter** — высокочастотные головки (с мягким и жестким куполом);

— **Prestige** — для материала диффузора используется патентованный полимер TPX и аэрогель (HD-A), представляющий из себя композит акрилового полимерного геля, углеволокна и волокон Кевлара. Получающийся материал на 30% легче бумаги и на 70% жестче. Звуковая катушка намотана плоским медным проводом на каптоновом основании. Клеммы для подключения к УНЧ позолочены. Все головки имеют номинальное сопротивление 8 Ом. В наименовании головок этой линии после обозначения диаметра присутствует буква «X» (TPX) или «Z» (HD-A);

— **Reference** — для материала диффузора используется композит на основе углеволокна или бумага. Головки этой серии являются гордостью фирмы. В их наименовании после обозначения диаметра присутствует буква «G» (бумага) или «C» (углеволокно);

— **Classic** — для материала диффузора используется бумага,

фибергласс и кевлар. Головки не слишком дороги и обладают хорошими характеристиками. Серии отличаются буквами: «M» (бумага), «F» (фибергласс) и «K» (кевлар);

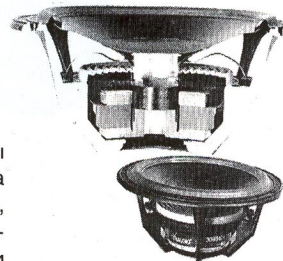
— **Industrial** — промышленная акустика;

— **Professional** — эта серия головок разработана для профессионального применения. Отличительная особенность — высокая чувствительность (97 — 106 дБ/Вт/м). Благодаря высокому качеству головки этой линии находят применение и в АС класса High End. Для диффузоров используются следующие материалы: титан (ВЧ-головки), бумага (СЧ- и НЧ-), TPX (СЧ-) и HD-I (разновидность HD-A для НЧ-головок). В префиксе названия моделей присутствуют буквы «PR». Цены соответствуют области применения: от 80 до 500 USD за штуку;

— **Car** — автомобильная акустика.

Изделиям фирмы Audax отдают предпочтение многие любители и профессионалы (например, Jadis S.A.R.L.). НЧ- и СЧ-головки характеризуются относительно невысоким допустимым уровнем подводимой электрической мощности (это не относится к серии Professional). Возможно, это следствие небольшого диаметра звуковых катушек. С другой стороны, имеется возможность построения многополосных АС на основе головок, выполненных по единой технологии (до частот 5 ÷ 8 КГц). Это позволяет (потенциально) добиваться лучшей согласованности частотных полос. Параметры низкочастотных головок оптимизированы для применения в АО типа фазоинвертора.

Особенность серии Professional — сложность построения многополосной АС на основе только этих головок. Это связано с невозможностью «классического» согласования средне- и высокочастотных головок данной серии (резонансная частота ВЧ-головок равна или выше верхней границы воспроизведения СЧ-головок).



Девизом датской фирмы **Dynaudio** является фраза «Technology Unlimited» (игра слов, что-то вроде «Безграничные технологии» или «Мы в ответе за наши технологии»).

В основе публично заявленной философии лежат два принципа:

1. Любой продукт Dynaudio обладает высочайшим качеством, которое достигнуто на сегодняшний день в индустрии акустики.

2. Цена доступна, но вторична, короче, качество впереди количества (наверное, они уже построили социализм на отдельно взятой фабрике).

Уже более десяти лет при разработке головок основное внимание уделяется линейности фазовой характеристики, хорошей переходной и, главное, линейности динамической характеристики. Разработчики справедливо полагают, что недостаток современных стандартных методов измерений заключается в том, что в большинстве тестов подводимая к головке мощность не превышает 1 Вт. Это не позволяет достоверно определить поведение



ДИНАМИКИ

АС на реальном звуковом сигнале. Высококачественные источники звукового сигнала обладают большим динамическим диапазоном. Поэтому пиковая мощность, подводимая к головке, может достигать киловатта и выше (при чувствительности АС, равной 90 дБ/Вт/м, звуковое давление 120 дБ достигается как раз при мощности 1000 Вт). При этих исходных данных головки Dynaudio способны не только выдерживать такую мощь, но и воспроизвести ее без искажения общей АЧХ и переходной характеристики.

Для исследований на таких уровнях мощности используется методика тональных посылок (несколько периодов синусоиды). Период посылок относится к интервалу времени между ними как 1:100, что позволяет избавить головки от тепловой перегрузки. В технической документации и рекламных проспектах (часто это одно и то же) приведены графики, согласно которым ВЧ- и НЧ-головки воспроизводят сигнал (метод тональной посылки) при мощности от 1 до 1000 Вт без ощутимой компрессии во всем рабочем диапазоне.

Трудно представить High End без Dynaudio: Totem Acoustics, Wilson Audio Specialties, Dynaudio, Harbeth Acoustics, Paragon Acoustics, Cello, Mach 1 Acoustics, Sonus Faber. Фирма по праву входит в элиту акустического High End'a. Трудно назвать еще хотя бы несколько производителей, на основе продукции которых можно создать двух-пятиполосные АС с хорошей согласованностью излучателей и заведомо приемлемой музыкальностью.

Потрясает воображение каталожное разнообразие НЧ-головок. Для удобства разработчиков почти все модели выпускаются с номинальным импедансом 4 и 8 Ом. А звуковые катушки диаметром 75 ÷ 100 мм, кажется, могут выдержать любую подводимую мощность. Многие головки универсальны, поскольку рассчитаны на применение, как в закрытых системах, так и в фазоинверсных.

СЧ-головки не занимают много места в каталоге, зато выпускаются в двух вариантах — обычном и с коротким рупором. Чувствительность последних выше на 4 ÷ 8 дБ.

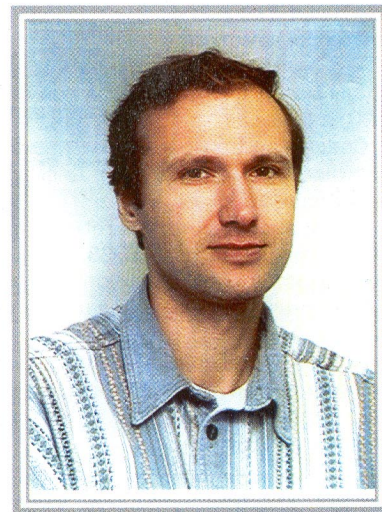
Dynaudio может гордиться и ВЧ-головками собственного производства. Они считаются одними из лучших в Европе*. В каталоге можно найти модели и с рекордной верхней граничной частотой, и с высокой музыкальностью, и со стоимостью приличного миди-аудиоцентра. Да, цены кусаются, но при правильном расчете фильтров и выборе АО можно добиться впечатляющих результатов.

ETON



Следует добавить, что Dynaudio активно пробивается и на рынок профессиональной акустики. Некоторые модели мониторов уже можно увидеть в студиях звукозаписи.

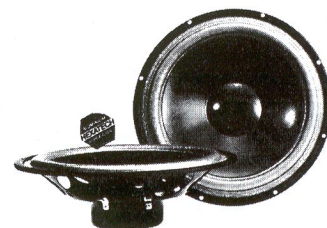
Девизом немецкой фирмы Eton является фраза «Sophisticated



Loudspeaker Technology» (это довольно непросто перевести на русский язык: «Искушенные (или лишенные наивности) технологии громкоговорителей»). Компания основана в 1983 году и с тех пор производит High End и более дешевые головки. Значительная часть прибыли вкладывается в научные исследования и разработку новых материалов. Достаточно сказать, что Eton была одним из пионеров в применении кевлара для производства диффузоров. Наиболее известна их последняя разработка — патентованный материал для средне- и низкочастотных головок HEXACONE®. Он состоит из одного слоя также патентованного материала Nomex®, имеющего структуру пчелиных сот, который расположен между двумя слоями кевлара. Заслуженным успехом пользуются и высококачественные головки этой фирмы. В номенклатуре продукции фирмы присутствует линия автоакустики.

Eton — это высокий класс (Avalon Acoustics, Meret Audio Ay и многие другие).

Новые серии СЧ-/НЧ-головок были очень тепло встречены профессиональными разработчиками АС. С помощью кропотливых измерений и настройки корректирующих цепей в кроссоверах удается добиться очень приличного звука. Но рекомендовать эти головки непрофессионалам весьма опрометчиво: грамотная компенсация одного или двух «кэмелов» на верхней границе воспроизводимого диапазона — задача не из простых.



Выпускаемые фирмой ВЧ-головки находятся в средней (для High End'a) категории, но их популярность среди производителей АС пока не так высока.

Девизом английско-израильской фирмы Morel является фраза «A Concept of Accuracy» — «Понятие (или идея) точности (или правильности)». Фирма основана в середине семидесятых годов нашего века и с тех пор производит полный спектр головок для высококачественных АС (Hi-Fi). Первые головки были выпущены по лицензионной технологии Dynaudio.

Для низкочастотных головок фирма применяет ряд оригинальных решений (некоторые из них запатентованы), важнейшими из которых являются следующие:

- звуковая катушка большого диаметра (75 мм);
- алюминиевый каркас катушки и алюминиевый провод ее обмотки (алюминий легче меди);

* — по таинственной (для авторов) причине производители акустики High End почему-то недолюбливают динамики наших заокеанских друзей.

— шестигранная форма провода звуковой катушки (высокая плотность намотки);

— сложные магнитные системы (от одного до четырех магнитов).

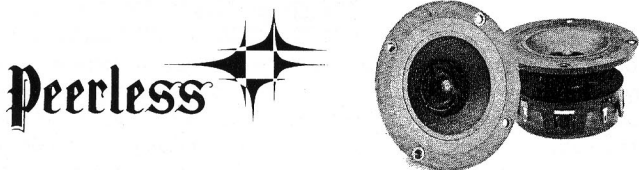
Для материала диффузора применяется пластик (технология DPC) и бумага.

Среднечастотные головки также имеют звуковую катушку большого диаметра (75 мм). Диффузор выполнен из текстиля с пропиткой.

Среди высокочастотных головок, производимых Morel, нельзя не упомянуть модель MDT-33, заслужившую признание у многих специалистов в области акустики.

Значительную долю в модельном ряде занимает автомобильная акустика.

Головки Morel пока не вышли на уровень High End'a, но находят применение в хороших изделиях Hi-Fi. Фирма также производит несколько моделей АС на основе своей продукции (как, впрочем, и Dynaudio).



Девизом датской фирмы **Peerless** является фраза «Values of True Craftmanship» — «Ценности (или даже сокровища) настоящего мастерства». Уже почти 70 лет фирма доставляет радость любителям музыки.

В ассортименте выпускаемой продукции — полный спектр головок. При сотрудничестве с производителями АС фирма выпускает и специальные серии головок. У фирмы нет иностранного капитала, но есть отделения в Германии и США. Около 90% продукции идет на экспорт. Импортёры продукции Peerless предлагают покупателям как головки, так и наборы, вплоть до акустического оформления. Высокое качество новых головок линии CSX позволяет говорить о фирме Peerless как о Dynaudio для небогатых.

Для материалов диффузоров применяются пластики, композиты и текстиль.

Не забывает фирма и автолюбителей.

Производители High End'a предпочитают низкочастотные головки этой фирмы (Spica Loudspeakers, MACH 1 Acoustics), где они составляют достойную конкуренцию продукции Dynaudio и Vifa.

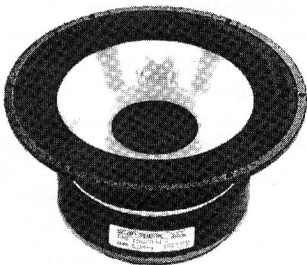
Параметры НЧ-головок оптимизированы для применения в фазоинверсном АО. Многие модели выпускаются с номинальным импедансом 4 и 8 Ом.



Еще одна фирма из Королевства Датского. Девиз компании **Scan-Speak** — «High Dynamic Technology», или «Высокодинамичные технологии» (но можно перевести и несколько иначе: «Выше наших технологий только звезды»). Производство расположено в небольшом городке Видебек.

У Scan-Speak очень много общего с Dynaudio. Главное это Эйвинд Скаанинг (Ejvind Skaaning) — основатель и движущая сила двух компаний. Под его именем выпускается серия очень дорогих референсных средне- и низкочастотных головок. И если головки Dynaudio занимают на рынке High End положение Mercedes, то Scan-Speak можно отнести к классу BMW или Porsche.

В основе философии фирмы — производить головки высочайшего качества. Именно поэтому фирма работает в тесной

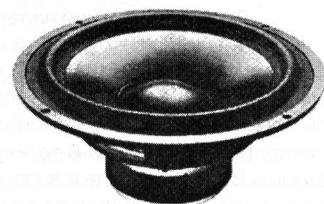


кооперации с производителями АС, экспертами и даже энтузиастами звука. Большое внимание уделяется субъективной оценке качества продукции. Лаборатории фирмы оборудованы самой современной (часто уникальной) измерительной аппаратурой. Как и любая другая уважающая себя фирма, Scan-Speak имеет целую упряжь «коньков»: патентованные магнитные системы SD (Symmetric Drive) и SD-1, диффузоры из графита и кевлара, а также много других интересных решений.

Трудно назвать модель головки этой фирмы, которая не применялась бы в АС класса High End. Самые знаменитые головки — ВЧ-серии D2905/9xxx.

Бестселлеры последних лет, в которых использовались головки Scan-Speak — Vienna Acoustics, PBN Montana, ProAc, Wilson Audio Specialties, Dzurko Acoustics...

В официальных пресс-релизах фирма делает акцент на приоритете музыкальности звучания головок над идеальностью объективных параметров. Среди любителей звука и профессионалов ВЧ- и СЧ-головки признаны давно и, похоже, надолго. НЧ-головки оптимизированы для применения в фазоинверсных системах. Большое внимание уделяется плавности (монотонности) спада АЧХ за пределами рабочего диапазона частот (для СЧ- и НЧ-головок).



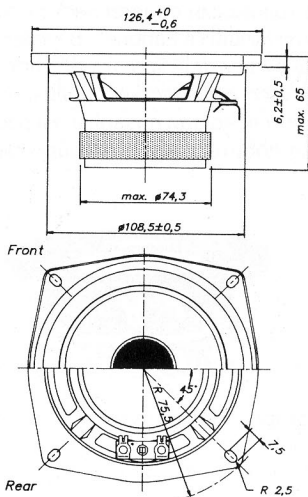
На гербе норвежской фирмы **Seas** девиз «Advanced Technology» (просто и без затей: «Передовые технологии»).

Как и многие другие, фирма стремится удовлетворить вкусы самых взыскательных любителей звука (а как же жить остальным, всем нам?). В соответствии со своим девизом Seas делает ставку на передовые технологии, иногда становясь их заложником. Большинство комплектовующих к головкам производится на собственных предприятиях фирмы. Самой престижной (и дорогой) является серия Excel. Она включает в себя одну ВЧ- и несколько СЧ- и НЧ-головок. Среди материалов, применяемых для диффузоров, — Sonotex®, бумага, алюминий, магний. Применение металлов позволяет улучшить частотные свойства головок, но делает их гораздо дороже.

Для автолюбителей фирма выпускает две модели ВЧ-головок.

Головки этой фирмы любят и американцы, и англичане: Joseph Audio, Totem Acoustics, Monitor Audio, Wilson Audio Specialties, Gradient Ltd, Ruark Acoustics, Jamo, NHT.

Аналогично головкам Eaton, топовые модели Seas предъявля-



ют к разработчикам АС очень высокие требования. Компенсация высокочастотных резонансов диффузора требует применения достаточно сложных и критичных к настройке (а главное, стабильных и, следовательно, достаточно дорогих) цепей.

Трудно назвать более авторитетную фирму в мире домашней акустики, чем **Vifa**. Девиз прост: «Production of Quality Loudspeakers» («Производство качественных громкоговорителей»).

И опять славный городок Видебек на Западе Дании.

Фирма была основана в память всем 1933 году. В настоящее время на предприятии трудится более 200 человек, включая персонал филиала в США. Более 90% продукции экспортируется в цивилизованные страны. В производстве применяются новейшие материалы и технологии (в том числе системы автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования). Массовая продукция фирмы, составляющая 25% (около 80 моделей) от общей номенклатуры, характеризуется выдающимся соотношением «качество/цена» (пожалуй, непревзойденным), остальные 75% моделей Vifa производит по заказам и в сотрудничестве с создателями AC.

Для материалов диффузоров находят применение текстиль, пластик и алюминий (ВЧ-), бумага и пластик (СЧ- и НЧ-головки). Главное отличие головок Vifa — высочайшее соотношение «качество/цена». Можно самостоятельно изготовить великолепные мониторы, затратив всего лишь около \$200.

Автомобильная акустика Vifa также является весьма конкурентоспособной.

В списке фирм, которые потребляют 75% продукции Vifa, — The Hales Design Group, PBN Montana, Joseph Audio, Dunlavy, Audio Artistry, Spica Loudspeakers, Sonus Faber, Audio Physic, Arpogee Acoustics, Ruark Acoustics, PSB Speakers, Aerial Acoustics Group, Snell.

Благодаря высокому качеству и весьма доступным ценам головки Vifa весьма популярны и среди энтузиастов хорошего звука, предпочитающих делать колонки своими руками. Остается почти загадкой, почему в AC класса High End (\$2500 ÷ \$5000) все чаще можно встретить комплект головок стоимостью \$300 ÷ \$400.

Список фирм-производителей высококачественных головок для акустических систем можно продолжать очень долго, если пытаться осветить всех без исключения. Но нельзя не упомянуть еще несколько фирм.

FOCAL

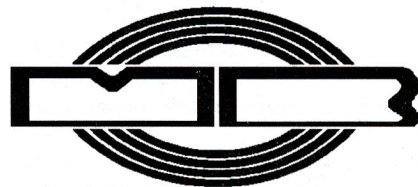


Особенно популярны высокочастотные головки французской фирмы **Focal** (партнера JMLab). Для изготовления их излучающих мембран применяются сплавы и окислы титана. Эта французская компания не уступает в технологиях ни одной другой. Среди материалов для диффузоров Neoflex, Polyglass, Polykevlar. Для намотки звуковых катушек используется многослойная фольга, а магнитные системы поражают хитроумностью конструкции и весом. Несколько лет назад появилась новая серия СЧ- и НЧ-головок — Audiom (7K, 12VX и 15VX). Их применяют многие фирмы в топовых моделях AC: Wilson Audio Specialties (\$67 500), JMLab (\$65 000) и другие. Головки попроще охотно применяют и другие фирмы: F3/LYD, Rosinante, Meret Audio Ay, JMLab.

Не отстают и любители. Электромеханические параметры НЧ-головок оптимизированы для применения в фазоинверсных системах.

Немецкая фирма **MB Quart** производит неплохие ВЧ- и СЧ-головки с металлическими куполами (они были чуть ли не первыми в применении металлов). Но настоящие шедевры получаются при совместной разработке с другими фирмами: The Hales Design Group, Avalon Acoustics, Aerial Acoustics Corp..

Продукция немецкой фирмы **Thiel** (торговые марки Accuton, Seratec) уникальна: для диафрагмы используется керамика с оксидом алюминия. Толщина мембраны у ВЧ-головок 50 мкм, у СЧ- и НЧ- — 150 мкм. Купол головок инвертирован (как и у ВЧ-головок Focal). Мнения экспертов противоречивы. Да и головки достаточно дороги. Среди удачных применений — топовая модель фирмы Mach 1 Acoustics (в ВЧ- и СЧ-звене).



Частое упоминание автомобильной акустики не случайно: многие люди проводят на колесах долгие часы. Поэтому в ассортименте даже признанных грандов аудиоиндустрии немалую долю занимает именно этот вид продукции.

Как бы ни были хороши головки сами по себе, но они являются лишь кирпичиками в фундаменте акустической системы. И от того, как пригнаны кирпичи, какой раствор использует мастер, и зависит общий результат. Поэтому, наверное, небезынтересно высказывание Линна Олсона (редактор журнала Positive Feedback) [9] о различных школах конструирования AC (это его субъективное мнение).

Импульсно-когерентные AC (3D-Imaging).

В эту группу попадает несколько фирм: Duntech, Thiele, Spica, Vandersteen и Dunlavy. Усилия разработчиков направлены на получение хорошей переходной характеристики (об этом было много написано в первой части статьи). Производится временное выравнивание головок в горизонтальной плоскости, и применяются фильтры первого порядка (6 дБ/октаву). Импульсный отклик таких AC даже лучше, чем у планаров или электростатов. С другой стороны, восприятие фазовых и переходных искажений является излюбленной темой дискуссий разработчиков — пока нет общепринятых стандартов на временные и фазовые искажения AC. Более консервативные представители этого творческого цеха считают, что такой дизайн — лишняя потеря времени и денег на разработку. Их можно понять. Область совместного действия головок достигает двух октав. Поэтому обратной стороной когерентности является трудность обеспечения большой мощности и низких интермодуляционных искажений. В некоторых помещениях могут возникнуть проблемы с размещением AC. Отличительная особенность этого вида дизайна — великолепный пространственный образ музыки. Разумеется, что если разработчику не удалось достичь этого результата, то других преимуществ у дизайна нет.

Почти все упомянутые фирмы, которые придерживаются этой школы, применяют в своих AC заказные головки. Это не случайно. Только специальные разработанные головки позволяют получить низкий уровень гармонических и интермодуляционных искажений. Еще одна особенность — невысокая пиковая мощность AC.

Линейная АЧХ (объективистская школа).

В эту категорию попадают большинство британских и канадских фирм. Основная задача дизайна — обеспечение максимально линейной АЧХ. Причем британцы стремятся обеспечить линейность на оси AC (на расстоянии 1 ÷ 2 метра), а канадцы — в передней полусфере (т.е. при отклонении от оси. Да, да! — мэтр Линквиз жив!).

Данная школа очень близка к «объективистской» инженерно ориентированной философии. Это не случайно: большинство высших учебных заведений во всем мире (Россия не исключение) придерживаются именно такой философии. Эта школа испытывает плохо скрываемую антипатию к экзотическим кабелям, резисторам, конденсаторам (а также к мистике прямо-накальных триодов и вообще ко всему, что нельзя потрогать или измерить). Большое влияние на эту школу оказали труды Британской государственной корпорации BBC. Они являются пионерами в этой области. Еще в начале 60-х годов специалисты компании провели огромное число экспериментов и измерений, связанных с определением влияния объективных характеристик головок и резонансов акустического оформления на качество звучания AC. С тех пор основным критерием получения звука с допустимой долей окраски является требование

превышения уровня синусоидального сигнала над призвуками, по крайней мере, на 20 дБ. Труды этой компании легли в основу как традиционных (1/3-октавный анализ на розовом шуме), так и новейших стандартных методов (FFT, TDS, MLSSA).

Для получения линейной АЧХ используются кроссоверы на основе фильтров Баттерворта 3-го порядка или Линквица—Райли 4-го.

Последние веяния британской школы — особое внимание к развязке АС от пола (экзотические подставки). Суммируя вышесказанное, подведем итог: объективистская школа обычно игнорирует импульсную и переходную характеристики, а также проблемы, связанные с дифракцией, субъективную сторону ди-

зайна — аудиофильские компоненты кроссоверов и качественные кабели. С другой стороны, основное внимание уделяется качеству динамических головок, минимизации резонансов АО и точному подбору головок по парам.

Минималистская школа (школа субъективного дизайна).

В эту категорию попадают некоторые итальянские, скандинавские, английские и американские фирмы. Кроссовер их чрезвычайно прост: часто он состоит из одного конденсатора для защиты ВЧ-головки. Материалы и комплектующие очень высокого качества (максимально возможного). Акустическое оформление также из экзотических материалов.

При разработке измерения играют второстепенную роль.

Расшифровка параметров головок, приведенных в таблицах:

— Type	— материал диффузора;
— D [см]	— внешние установочные габариты (полный диаметр);
— Z [Ом]	— номинальный (паспортный) импеданс головки;
— Re [Ом]	— сопротивление головки на постоянном токе;
— VC [мм]	— диаметр звуковой катушки;
— L [мГн]	— индуктивность звуковой катушки;
— C [мкФ]	— емкость звуковой катушки головки;
— Mas [г]	— вес подвижной системы (с присоединенной массой воздуха);
— Fs [Гц]	— собственная резонансная частота;
— Qms*	— механическая добротность головки;
— Qes*	— электрическая добротность головки;
— Qts*	— полная добротность головки;
— Vas [л]	— эквивалентный объем головки;
— P [Вт]	— электрическая мощность головки (зависит от типа и параметров акустического оформления. Для СЧ- и ВЧ- головок — от порядка фильтра и частоты раздела);

— Xmax [мм]	— максимальное линейное смещение подвижной системы;
— S [м ²]	— эффективная площадь диффузора (для ВЧ- головок см ²);
— E [дБ/Вт/м]	— уровень звукового давления головки при подаче 1 Вт на расстоянии 1 м;
— Price [USD]	— ориентировочная розничная стоимость головки на территории США;
— Vd [литр]	— объемное смещение головки м ³ × 1000;
— EBP	— (Efficiency Bandwidth Product) отношение Fs/Qes. При значении EBP меньше, чем 50, предпочтительно АО в виде закрытого ящика, при значении больше 100 предпочтительно АО в виде фазоинвертора (применим только к «открытым» головкам);
— η0 [%]	— рассчитанный КПД без акустического оформления;
— SPL [дБ]	— рассчитанный максимальный уровень звукового давления.

№ СЧ-головки	Type	D	Z	Re	VC	L	C	Mas	Fs	Qms	Qes	Qts	Vas	P	X _{max}	S	E	Price	Vd	EBP	η0	SPL	
		cm	Ohm	Ohm	mm	mH	μF	g	Hz	L	W	mm	cm ²	dB/W/m	USD	L	%	dB					
Audax																							
1 PR17M0	Paper	19.0	8.0	6.2	40	0.73		9.10	117	3.20	0.61	0.51	5.5	100	0.5	0.0140	100	75	0.007	192	1.39	113	
2 HM100Z0	HD-A	11.0	8.0	6.4	25	0.23	5.6	2.50	250	4.30	0.99	0.81	0.8	40	1.3	0.0052	93	55	0.007	253	1.28	113	
Dynaudio																							
1 D52AF	Text	14.6	8.0	4.5	52	0.23	11.0	3.00	350	0.90	0.70	0.40		100	2.0	0.0028	89	111					
2 D54	Text	14.5	8.0	4.6	54	0.21	10.0	3.00	325	1.00	0.56	0.36		100	2.0	0.0028	96	136					
3 D54/AF	Text	14.6	8.0	4.5	54	0.21	10.0	3.00	325	0.80	0.40	0.30		100	2.0	0.0028	91	136					
4 15W75-4	Poly	14.6	4.0	3.0	75	0.28	31.0	12.00	55	1.65	0.60	0.40	7.5	130	6.5	0.0087	88	116		0.057	92	0.20	105
5 15W75-8	Poly	14.6	8.0	4.9	75	0.37	16.0	12.00	55	1.65	0.60	0.40	7.5	130	5.5	0.0087	89	116		0.048	92	0.20	105
6 D76	Text	14.6	8.0	5.1	76	0.19	7.3	4.00	300	1.50	2.10	0.90		100	3.0	0.0045	90	111		0.014			
7 M560D	Text	15.5	8.0	4.5	54	0.20	10.0	3.10	325	0.85	0.60	0.35		100	2.0	0.0028	90	369		0.006			
Eaton																							
1 5-880/25	HEX	15.6	8.0	6.0	25	0.43	14.0	8.00	48	1.76	0.35	0.29	12.0	70	3.0	0.0079	87	106	0.024	137	0.37	108	
2 50MDF100	AlMg	14.0	8.0	5.7	50	0.11	3.4		490					100	1.2		93					78	
Focal																							
1 7K Audiom	PolyK	17.9	8.0	6.0	40	0.20		7.30	120	9.12	0.41	0.39	9.2	70	1.2	0.0165	98	160	0.020	293	3.74	118	
LPG																							
1 38T	Ti	12.4	7.0	5.7	38	0.09	2.9	0.78	490					70	0.4	0.0015	91	40					
2 50FA	Text	14.0	7.0	5.7	50	0.10	3.0	1.76	390					100	1.2	0.0026	90	51					
3 51AT	AlTi	14.0	7.0	5.5	50	0.10	3.3	1.27	480					100	1.2	0.0026	93	43					
Morel																							
1 MDM75	Text	16.0	7.0	5.6	75	0.23	7.3	7.00	280	0.60	3.60	0.44	0.3	300	1.5	0.0064	92	105	0.010	78	0.15	104	
2 MDM85	Text	16.0	7.0	5.2	75	0.22	8.1	7.00	250	0.20	2.70	0.19	0.3	300	1.5	0.0064	92	117	0.010	93	0.18	105	
3 MW114S	Poly	11.8	4.0	3.8	54	0.32	22.0	7.00	65	6.80	0.36	0.31	3.2	150	3.0	0.0053	86	117	0.016	181	0.24	106	
4 MW114S	Poly	11.8	7.0	5.6	54	0.32	22.0	7.00	65	6.80	0.36	0.31	3.2	150	3.0	0.0053	88	117	0.016	181	0.24	106	
Peerless																							
1 134DM51F	Poly	13.4	8.0	5.6	51	0.30	8.0	2.80	500	1.33	1.18	0.62		115	0.8	0.0023	90	50	0.002				
Skanspeak																							
1 13M8636K	Kevl	13.0	8.0	5.8	38	0.10	3.0	4.10	59	2.00	0.31	0.27	5.0	100	2.0	0.0048	88	84	0.010	190	0.32	107	
2 13M8640	Paper	13.0	8.0	5.8	38	0.10	3.0	3.80	58	2.60	0.38	0.33	6.0	75	1.5	0.0048	88	62	0.007	153	0.30	107	
3 13M4535R(auto)	Paper	13.0	4.0	3.0	38	0.07	8.0	4.50	56	2.90	0.28	0.26	5.0	35	2.5	0.0048	90	75	0.012	200	0.30	107	
Seas																							
1 W14CY001 E008	Mg	13.3	8.0	5.4	26	0.37	13.0	9.60	43	1.80	0.44	0.36	11.0	70	4.0	0.0075	87	129	0.030	98	0.19	105	
Thiel (Accuton, Ceratec)																							
1 C2-44	Ceram			8.2	30			1.30	390	1.19	2.20	0.77	0.1	130		0.0024	88			177	0.29	107	
2 C2-77	Ceram		8.0	6.4	51			7.60	185	1.33	2.07	0.81	0.8	150		0.0076	88	275		89	0.23	106	
3 C2-78	Ceram			6.2	38	0.32		7.60	59	1.57	0.65	0.46	10.0	100	3.0	0.0086	89		0.026	91	0.30	107	
Vifa																							
1 D75MX31	Text	15.2	8.0	5.9	75	0.14	4.0	3.30	350					80	0.5	0.0055	92	37					
2 P13MG-00-08	Paper	14.0	8.0	5.8	25	0.28	8.3	6.50	62			0.46	10.0	60	1.0	0.0086	88	34	0.009				
3 P13MH-00-08	Poly	14.0	8.0	5.8	25	0.27	8.0	6.50	62			0.33	10.0	60	1.0	0.0086	89.5	30	0.009				

* — для некоторых головок значения рассчитаны по графикам импеданса.

Резонансы головок не подавляются, частотный отклик не корректируется. Поэтому результат является прямым следствием качества головок, расчета АО и качества его изготовления. Многие находят звучание таких АС сильно окрашенным, но динамичным и живым.

более популярных у производителей акустики High End.

Авторы благодарят Александра Липина за информационную поддержку.

В заключение приведем технические параметры головок, наи-

Дмитрий Карпунин, Георгий Соколов,
инженеры.
dimaudi@orc.ru

Расшифровка обозначений материалов диффузоров

Paper — бумага	Kevlar® — кевлар	Mg — окись магния	AlTi — сплав алюминий-титан
HD-A — аэрогель высокой плотности	Carb — углеродный композит	Ceram — керамика	Sono — Sonotex®
Poly — полимеры с различными наполнителями	DPC — Damped Polymer Composite	Text — текстиль	Silk — шелк
HEX — Hexacone® — Nomex®/ Kevlar	Comp — Composite Sandwich Cone	AlMg — сплав алюминий-магний	Al — алюминий
HD-I — инерционный аэрогель	Fibe — fiberglass	Ti — титан	PolyK — поликевлар

№	ВЧ-ГОЛОВКИ	Type	D	Z	Re	VC	L	C	Mas	Fs	Qms	Qes	Qts	Vas	P	X _{max}	S	E	Price
			cm	Ohm	Ohm	mm	mH	µF	g	Hz	L	W	mm	cm ²	dB/W/m	USD			
Audax																			
1	PR120I0	Ti	9.5	8.0	6.3	20	0.060	1.5	0.29	8000					120	0.3	6.2	105	70.00
2	PR130I1	Ti	12.8	8.0	6.4	20	0.060	1.5		7000				120	0.1	6.2	106	120.00	
3	DTI-01	Ti	11.4	6.0	4.1	25	0.060	3.3		1700				50	0.3		94	30.00	
Dynaudio																			
1	D21/2	Text	11.0	8.0	5.3	21	0.080	1.6	0.24	1300	0.62	1.21	0.41		600	0.7	4.9	91	76.00
2	D28/2	Text	11.1	8.0	5.2	28	0.065	2.5	0.53	880	0.71	0.97	0.41		130	0.3	7.7	90	78.50
3	D260	Text	11.1	6.0	5.2	28	0.063	2.3	0.51	1000	0.83	1.10	0.48		130	0.3	7.7	90	115.00
4	MDA-100	Text		4.0		28								120			92	75.00	
5	T330D	Text	14.0	8.0	5.2	28	0.070	2.2	0.45	750	0.33	0.50	0.20		130	0.3	7.7	90	270.00
Eaton																			
1	19SD1	Text	11.0	8.0	6.3	19	0.060	1.5	0.16	1100					80	0.3	3.9	89	56.00
2	25SD1	Text	11.0	8.0	6.8	25	0.040	0.8	0.22	1000					100	0.3	6.5	90	59.00
Focal																			
1	T120Tdx			8.0	6.0	20	0.090			690	2.72	0.83	0.63		12/100			94	
2	T120Ti/8			8.0		25									100			94	70.00
MBQuart																			
1	MCD25M/R	Ti	10.0	8.0	6.9	25				990	5.14	1.25	1.00		100			91	45
Morel																			
1	MDT33	Text	9.4	8.0	5.2	28	0.070	2.7	0.44	700	0.16	0.20	0.09	0.01	200	0.3	6.0	92.5	103.00
2	MDT40	Text	5.4	8.0	5.2	28	0.070	2.7	0.46	750	0.89	2.80	0.68	0.01	120	0.3	7.0	89	54.00
3	MDT41	Text	4.4	8.0	5.2	28	0.070	2.7	0.46	750	0.89	2.80	0.68	0.01	120	0.3	7.0	90	55.00
4	MDT37	Text	9.4	8.0	5.2	28	0.090	2.6	0.44	700	0.11	0.13	0.60	0.01	200	0.1	6.0	93	75.00
5	MDT30/32	Text	9.4	8.0	5.2	28	0.070	2.7	0.44	700	0.11	0.12	0.57	0.01	200	0.3	6.0	90	52.00
6	MDT105S (auto)	Text	10.2	7.0	5.2	28	0.090		0.45	550	0.43	0.60	0.25	0.01	200		8.5	91	74.00
Peerless																			
1	105DT2608	Text	10.5	8.0	6.9	26	0.070	1.5		960	4.30	1.00	0.81		130	0.7		91	28.00
Raven																			
1	R1	Ribb	9.2/8	6/12					0.006						15			95	234.00
2	R2	Ribb	17.2/8	6/12					0.013						15			98	400.00
Skanspeak																			
1	D2010/8513	Text	9.8	8.0	5.7	20	0.060	1.7	0.20	800					150	0.3	3.8	90	42.00
2	D2905/9000	Text	10.4	6.0	4.9	28	0.080	2.5	0.40	800	2.03	2.43	1.10		150	1.0	8.5	90	60.00
3	D2905/9300	Text	10.4	6.0	4.9	28	0.080	2.5	0.40	600					150	1.0	8.5	90	72.00
4	D2905/9500	Text	10.4	6.0		28			0.40						150	1.0	8.5		
5	D2905/9700	Text	10.4	6.0		28			0.40						150	1.0	8.5		170.00
6	D2905/9900	Text	13.0	6.0	4.7	28	0.009	1.0	0.35	500	3.87	0.78	0.65		225	1.0	8.5	91	175.00
7	D3806/8200	Text	12.5	8.0	5.7	38	0.070	2.0	0.72	750					100	0.4		91	62.00
Seas																			
1	T25-001 (E006)	Sono	10.0	6.0	4.3	26	0.050	2.2	0.33	750					90	0.3	7.0	90	62.50
2	25TAC/G(H400)	Al	10.0	6.0	4.8	26	0.050	2.2		660					55	0.3		91	23.50
Thiel (Accuton, Ceratec)																			
1	C2-12	Ceram		8.0	6.0	17			0.20	700					100		6.1	89.5	190.00
2	C2-22	Ceram		8.0	6.1	20			0.40	390					120		8.5	87	
3	C2-23	Ceram		8.0	6.1	20			0.40	350					120		8.5	89.5	215.00
Vifa																			
1	D25AG3506	Al	10.0	6.0	4.6	25	0.050	2.6	0.30					100	0.3	7.1	89	27.00	
2	D27TG3506	Silk	10.0	6.0	4.6	26	0.050	2.4	0.30	650	0.95	0.77	0.43	0.01	100	0.3	7.1	90	22.30
3	D27TG4506	Silk	10.0	6.0	4.6	26	0.050	2.5	0.30	650	0.95	0.77	0.43	0.01	100	0.3	7.1	90	22.30

№	HC-ГОЛОВКИ	Type	D	Z	Re	VC	L	C	Mas	Fs	Qms	Qes	Qts	Vas	P	X _{max}	S	E	Price	Vd	EBP	nO	SPL
			cm	Ohm	Ohm	mm	mH	µF	g	Hz	L	W	mm	cm ²	dB/W/m	USD	L	%	dB				
Audax																							
1	HM130Z0	HD-A	13.6	8.0	6.4	35	0.46	11.0	5.9	68	2.20	0.36	0.31	8.3	50	3.0	0.008	92	75	0.024	189	0.70	110
2	HM170Z0	HD-A	16.6	8.0	6.2	30	0.57	15.0	9.9	42	7.90	0.36	0.35	48.0	60	3.5	0.014	91	88	0.048	117	0.95	112
3	HM210Z0	HD-A	21.0	8.0	6.3	38	0.79	20.0	21.0	28	9.70	0.30	0.30	95.0	70	4.3	0.023	90	104	0.099	93	0.67	110
4	HT240T0	Paper	25.0	8.0	6.8	40	0.29		19.9	80	2.44	0.90	0.66	34.0	80	1.5	0.035	97		0.053	89	1.86	115
5	PR240M0	Paper	25.0	8.0	6.1	48	0.33		24.0	32	6.13	0.58	0.53	188.0	100	4.0	0.036	95		0.143	55	1.02	112
6	PR300M0	Paper	30.5	8.0	5.7	48	0.42		33.0	17	3.55	0.28	0.26	1012.0	100	4.4	0.052	97		0.229	61	1.71	114
7	PR330M0	Paper	33.0	8.0	5.6	70	0.38		52.0	28	6.69	0.28	0.27	264.0	150	4.0	0.054	98		0.216	100	2.00	115
8	PR380M0	Paper	38.7	8.0	6.1	70	0.74		115.0	20	4.83	0.23	0.22	710.0	150	3.6	0.089	98		0.320	87	2.38	116
9	PR380W0	HD-1	38.7	6.0	4.9	100	1.13		62.0	50	2.20	0.17	0.16	190.0	350	5.0	0.089	102	460	0.445	294	13.47	123
Dynaudio																							
1	15W75-4	Poly	14.6	4.0	3.0	75	0.28	31.0	12.0	55	1.65	0.60	0.40	7.5	130	6.5	0.009	87	111	0.057	92	0.20	105
2	15W75-8	Poly	14.6	8.0	4.9	75	0.37	16.0	12.0	55	1.65	0.60	0.40	7.5	130	5.5	0.009	85	111	0.048	92	0.20	105
3	17W75-4	Poly	17.6	4.0	3.0	75	0.29	32.0	15.0	40	3.00	0.90	0.70	22.0	130	6.0	0.012	87	101	0.072	44	0.15	104
4	15W75-8	Poly	17.6	8.0	5.1	75	0.43	17.0	15.0	40	2.80	1.10	0.80	22.0	130	6.0	0.012	85	101	0.072	36	0.12	103
5	17W75LQ-4	Poly	17.5	4.0	3.0	75	0.28	31.0	15.0	40	1.80	0.50	0.40	22.0	130	6.5	0.012	89	120	0.078	80	0.27	106
6	17W75LQ-8	Poly	17.5	8.0	4.9	75	0.38	16.0	15.0	40	1.80	0.50	0.40	22.0	130	5.5	0.012	87	120	0.066	80	0.27	106
7	17W75Ext-4	Poly	17.6	4.0	3.0	75	0.30	33.0	15.0	39	3.00	0.90	0.70	22.0	150	6.0	0.012	87	101	0.072	43	0.14	103
8	17W75Ext-8	Poly	17.6	8.0	5.1	75	0.43	17.0	15.0	39	2.80	1.10	0.80	22.0	150	6.0	0.012	87	101	0.072	35	0.11	103
9	17W75XL-4	Poly	17.6	4.0	3.0	75	0.30	33.0	16.0	41	1.90	0.50	0.40	23.0	130	6.0	0.012	89	108	0.072	82	0.31	107
10	17W75XL-8	Poly	17.6	8.0	5.1	75	0.44	17.0	16.0	42	2.00	0.60	0.50	23.0	130	6.0	0.012	87	108	0.072	70	0.27	106
11	20W75-4	Poly	20.0	4.0	3.2	75	0.20	35.0	20.0	30	1.50	0.50	0.40	64.0	130	9.0	0.018	89	133	0.162	60	0.33	107
12	20W75-8	Poly	20.0	8.0	5.0	75	0.30	20.0	20.0	30	1.80	0.70	0.50	65.0	130	9.0	0.018	87	133	0.162	43	0.24	106
13	24W75XL-4	Poly	23.9	4.0	2.8	75	0.29	37.0	18.4	32	2.30	0.58	0.46	92.0	130	6.5	0.020	89	119	0.130	55	0.50	109
14	24W75XL-8	Poly	23.9	8.0	5.5	75	0.44	15.0	18.0	33	2.20	0.61	0.48	88.0	130	6.5	0.020	89	119	0.130	54	0.50	109
15	24W100-4	Poly	23.9	4.0	3.8	100	0.53	37.0	30.0	32	1.60	0.45	0.35	62.0	350	8.0	0.020	90	180	0.160	71	0.44	108
16	24W100-8	Poly	23.9	8.0	5.2	100	0.74	27.0	30.0	32	1.60	0.45	0.35	62.0	350	8.0	0.020	90	180	0.160	71	0.44	108
17	30W54	Poly	30.0	8.0	6.2	54	0.29	6.7	41.6	22	4.00	0.42	0.36	257.0	210	7.0	0.040	92	219	0.280	52	0.63	110
18	30W100	Poly	30.0	8.0	5.9	100	0.73	19.0	35.2	24	2.70	0.80	0.60	270.0	450	8.0	0.040	91	292	0.320	30	0.45	109
19	30W100XL-4	Poly	30.0	4.0	3.8	100	0.51	35.0	48.0	22	2.40	0.50	0.40	250.0	450	9.0	0.040	91	267	0.360	44	0.51	109
20	30W100XL-8	Poly	30.0	8.0	5.4	100	0.66	19.0	48.0	22	2.40	0.50	0.40	250.0	450	9.0	0.040	91	267	0.360	71	0.51	109
Eaton																							
1	11-580/50	HEX	28.0	8.0	5.4	50	0.69		57.0	28	8.59	0.30	0.29	110.0	150	5.0	0.036	91	304	0.182	93	0.78	111
Focal																							
1	8V416J	Poly	21.0	8.0	5.2	39	0.11		30.0	23	3.60	0.32	0.30	112.0	150	7.5	0.022	88	100	0.167	72	0.41	108
2	8K415S	Poly	21.0	7.5	7.8	39	0.20		22.2	22	5.10	0.26	0.25	170.0	200	5.3	0.022	90	124	0.118	85	0.67	110
3	12V726	Poly	32.8	8.0	6.2	51	1.24		75.3	19	1.70	0.39	0.32	330.0	175	9.0	0.051	90	205	0.459	49	0.59	110
4	12VX Audiom	Poly	31.2	8.0	6.0	77	1.75		76.0	23	1.70	0.23	0.21	240.0	200	6.0	0.053	93	575	0.318	100	1.22	113
5	15VX Audiom	Poly	38.6	8.0	6.2	77	1.75		132.0	18	1.86	0.26	0.23	650.0	225	6.0	0.086	92	550	0.513	67	1.29	113
Morel																							
1	MW143	DPC	14.2	8.0	5.6	75	0.26	8.3	9.4	47	1.50	0.31	0.26	14.0	150	3.5	0.009	89	131	0.032	152	0.45	109
2	MW267	DPC	22.2	8.0	6.6	75	0.16	6.9	24.0	25	2.10	0.40	0.33	113.0	180	4.3	0.022	89	157	0.094	63	0.43	108
Peerless																							
1	180WR33(1757)	Poly	18.1	4.0	3.6	33	0.33	27.0	14.8	35	1.80	0.30	0.26	33.0	150	5.0	0.013	90.5	58	0.065	117	0.45	109
2	180WR33(1732)	Poly	18.1	8.0	6.1	33	0.49	13.0	14.8	35	1.60	0.35	0.29	33.0	150	5.5	0.013	88	58	0.072	100	0.39	108
3	260SWR-0439/11	Poly	26.1	4.0	2.6	39	0.62	85.0	50.8	22	2.84	0.30	0.27	122.0	220	9.0	0.031	90	81	0.279	73	0.42	108
4	260SWR-0839/11	Poly	26.1	8.0	5.4	39	1.00	34.0	50.8	22	2.60	0.38	0.34	136.0	220	9.0	0.031	88	81	0.279	58	0.37	108
5	315SWR-0839/11	Poly	31.5	8.0	5.5	39	1.10	35.0	80.2	24	3.70	0.49	0.44	210.0	220	9.0	0.052	89	102	0.468	49	0.57	110
6	X176WR33-08	Comp	17.6	8.0	6.1	33	1.30	9.0	17.8	38	2.20	0.53	0.43	28.0	150	5.5	0.014	87	61	0.079	72	0.27	106
7	X257SWR39-08	Comp	25.7	8.0	6.2	39	0.90	25.0	52.0	23	2.60	0.40	0.35	144.0	200	9.0	0.033	88	98	0.297	56	0.40	108
8	145WR2690	Comp	14.5	8.0	6.1	26	0.90	7.0	10.0	48	1.82	0.42	0.34	13.0	110	4.5	0.0091	88	35	0.041	114	0.33	107
Skaaning																							
1	SK170-308	Poly	21.0	8.0	5.5	77	0.24		16.0	37	1.70	0.37	0.30	48.0	220	5.0	0.017	90	400	0.085	101	0.64	110
2	SK300-304	Poly	35.0	4.0	3.4	77	0.56		71.2	18	1.72	0.31	0.26	400.0	350	10.0	0.052	91	680	0.515	60	0.78	111
Skanspeak																							
1	18W8545	Carb	17.7	6.0	5.5	42	0.40	8.3	19.0	28	2.41	0.35	0.31	54.0	100	6.5	0.015	88	135	0.098	80	0.33	107
2	18W8546	Kevlar	17.7	6.0	5.5	42	0.40	8.3	19.0	30	2.30	0.34	0.30	54.0	100	6.5	0.015	89	129	0.098	88	0.41	108
3	21W853P	Poly	22.2	6.0	5.5	42	0.22	7.3	20.5	26	1.80	0.29	0.25	105.0	90	6.5	0.020	80	91	0.130	90	0.61	110
4	21W8554	Kevlar	22.2	6.0	5.5	42	0.10	7.6	20.5	25	1.72	0.28	0.24	115.0	110	6.5	0.020	90	110	0.130	89	0.62	110
5	25W8562C																						

ОТБОР И ТРЕНИРОВКА

В прошлый раз я, уважаемые читатели, обещал рассказать об отборе и тренировке радиоламп. Считаю эти моменты чрезвычайно важными по следующим причинам:

— часто приходится использовать лампы, работоспособность и степень выработки ресурса которых неизвестны (иногда некоторые разработчики сознательно предпочитают применять в своих конструкциях лампы выпуска 50 — 60-х годов, пусть даже и работавшие, однотипным приборам, выпущенным ныне, в силу того, что техническое качество и особенно звуковые свойства первых зачастую оказываются несравненно выше);

— среди новых ламп даже от одного и того же изготовителя могут попадаться, во-первых, экземпляры со значительным разбросом параметров, во-вторых, экземпляры с явным браком (плохой вакуум и т.п.) и, в-третьих, экземпляры номинально кондиционные, но не выдерживающие заложенного в устройстве, где планируется применять эти лампы, превышения предельно допустимого значения того или иного параметра рабочего режима (в основном это относится к использованию пентодов и лучевых тетродов в ультралинейных схемах и при триодном включении);

— если речь идет о двухтактном усилителе или даже однотактном, но использующем параллельное включение двух или более выходных ламп, или тем паче о двухтактном, в каждом плече выходного каскада которого работает по две или более запаралеленных ламп;

— новые лампы, как правило, в начальный период работы имеют нестабильные, буквально на глазах изменяющиеся параметры, их стабилизация наступает после наработки 20 ÷ 30, а в некоторых случаях до 50 ÷ 100 часов;

— некоторые экземпляры как бывших в употреблении, так и не работавших, но долго хранившихся ламп, имеют обратимое ухудшение вакуума, которое может быть устранено тренировкой в течение 10 ÷ 20 часов (а иногда и быстрее).

На мой взгляд, целесообразно сначала все имеющееся в наличии количество ламп подвергнуть тренировке (кстати, специалисты этот процесс иногда еще называют «жестчение» или даже «прожиг»). При этом, как правило, удается отбраковать заведомо дефектные лампы, а затем уже из оставшихся подобрать пары, квартеты, секстеты, октеты и т.д. (т.е. произвести отбор по совокупности значений важных параметров). Поскольку процесс тренировки занимает порядка 30 ÷ 50 часов (а желательно 50 ÷ 100 часов), целесообразно изготовить простейшее приспособление, содержащее 10 — 15 ламповых панелей с соединенными параллельно соответствующими отводами и позволяющее оперативно контролировать токи анода и сетки по падению напряжения на резисторах, включенных в соответствующие цепи. Примерная схема такого устройства приведена на рис. 1. Перед началом тренировки необходимо установить регуляторы: анодного напряжения в положение «0» (или минимум); сеточного напряжения в положение максимального значения.

Собственно тренировка включает следующие этапы:

1) Включается напряжение накала, и лампы прогреваются в течение 20 ÷ 30 минут;

2) Включается источник сеточного напряжения;

3) Включается источник анодного напряжения, которое с помощью регулятора плавно доводится до уровня $0,5 \div 0,7$ от рабочего значения;

4) Путем индивидуальной регулировки сеточного напряжения устанавливается номинальное значение анодного тока ($100 \div 120\%$) через каждую лампу (оно контролируется по падению напряжения на R_a). В этом режиме лампы выдерживаются 5 ÷ 20 часов, причем рекомендуется периодически контролировать анодный ток ламп. Тенденция к непрекращающемуся в течение нескольких часов увеличению анодного тока при неизменной величине напряжения на сетке обычно свидетельствует о повышенной склонности данного экземпляра лампы к термотокам сетки и (или) неудовлетворительному вакууму. О последнем также говорит присутствующее в баллоне (по объему) голубоватое или зеленоватое свечение (а тем более розоватое внутри электродной системы и по плоскости слюдяных изоляторов). Напротив, свечение фиолетового цвета, наблюдаемое в виде отдельных пятен на внутренней поверхности стекла баллона (флуоресценция стекла), а также голубоватое свечение внутри электродной системы (характерное для пентодов и лучевых тетродов при относительно больших значениях анодных токов), никоим образом не являются браковочными признаками.

Замечу, что, если на данном этапе тренировки не выявлены какие-либо подозрительные признаки, они вполне могут появиться на одном из следующих этапов.

5) Сеточные напряжения ламп увеличиваются до возможного максимума, затем увеличивается анодное напряжение до $140 \div 160\%$ от номинального или (при ограниченной возможности увеличения напряжения сетки) до такого значения, при котором ток анода составит 5 ÷ 10% от номинального. Затем в течение 2 — 5 часов убеждаются в отсутствии межэлектродных пробоев внутри ламп. Лампы, в которых наблюдаются редкие одиночные пробои, по окончании тренировки могут быть вполне работоспособными. Пробои, происходящие на поверхности слюдяных и керамических изоляторов, обычно свидетельствуют о значительной наработке лампы и распылении ее электродов;

6) Анодное напряжение устанавливается на уровне 120% от номинального, анодные токи — 100%. Это самый длительный этап тренировки (до 50 ÷ 70 часов), в нем еще более заметно проявится то, о чем мы говорили в п. 4. Выключите свет в помещении, где проводятся испытания, и внимательно рассмотрите аноды ламп: есть ли темно-красное свечение (аноды начинают слегка раскаляться). Важна симметричность и равномерность распределения этого свечения по высоте анода (см. рис.2). Несимметричность и неравномерность (а тем более явно выраженные пятна перегрева) свидетельствуют о низком качестве лампы, в частности, о взаимных перекосах и деформации деталей электродной системы. Эти дефекты в первую очередь пагубно отражаются на сроке службы лампы.

Если свечения анода не наблюдается, то по окончании данного этапа тренировки следует увеличить анодный ток каждой лампы (не меняя анодного напряжения) до получения заметного в темноте свечения анода и изучить его характер. Кроме того, если испытываются пентоды или тетроды, следует попытаться рассмотреть, нет ли сильного свечения отдельных

витков экранных сеток (слабое равномерное свечение в ряде случаев допустимо, хотя, на мой взгляд, нежелательно).

Некоторые лампы (6С33С, 6С41С и т.п.), обладающие массивным анодным блоком, не следует пытаться «довести до красного каления», поскольку оно наступает практически при гибельных превышениях предельно допустимых режимов. С другой стороны, лампы, выполненные по, так сказать, традиционной технологии (в частности, перечисленные в статье «Триод из подручных материалов»), вполне допускают такое испытание. Исключением является лишь 6П6С (6V6GT) в силу того, что ее баллон изнутри имеет непрозрачное черное углеродистое покрытие, улучшающее теплоотдачу, и поэтому анод как следует рассмотреть невозможно.

Закончив тренировку, приступают к отбору ламп. Конечно, наиболее просто для этой цели воспользоваться измерителем параметров радиоламп, однако, к сожалению, эти приборы уже постепенно переходят в разряд музейных редкостей. Подготовив прибор к работе, вставляют в него испытываемую лампу, регулировкой напряжений на ее электродах добиваются режима, близкого к тому, в котором лампа будет работать в реальном устройстве, после прогрева лампы в течение 20 — 30 минут измеряют параметры в следующем порядке:

- 1) Крутизну и напряжение смещения на управляющей сетке при анодном токе, равном номинальному;
- 2) То же при анодном токе, равном примерно 130% от номинального. При этом контролируют напряжение и величину тока 1-й сетки;
- 3) То же при анодном токе 50% и 25% от номинального.

Напоминаю, что крутизна сильно зависит от величины анодного тока. Поэтому указанное в ТУ значение справедливо для указанной там же величины тока анода.

Если же нет возможности воспользоваться измерителем параметров ламп, то с успехом можно использовать приспособление, предложенное для тренировки. В этом случае придется ограничиться измерением напряжений смещения для нескольких (3 ÷ 5 точек) значений анодного тока в пределах 20 ÷ 120% от номинального. Оценить крутизну в этом случае можно, взяв два близких значения анодного тока I_{a1} и I_{a2} [mA] и соответствующие значения напряжения смещения при фиксированном анодном напряжении и воспользоваться формулой:

$$S' = \frac{(I_{a2} - I_{a1})}{(E_{c2} - E_{c1})} \quad \text{при } E_a = \text{const, где}$$

S' — оценка крутизны [mA/V];

E_{c1} и E_{c2} — соответствующие токам I_{a1} и I_{a2} смещения управляющей сетки.

В цепь управляющей сетки включите резистор величиной порядка 100 кОм и по падению напряжения на нем контролируйте наличие и величину сеточного тока.

Записав измеренные таким образом параметры, отбираем и маркируем парные экземпляры ламп, ориентируясь в первую очередь на наиболее близкие значения крутизны при одинаковых анодных токах.

Как видите, технически отбор ламп высшего качества и формирование комплектов из них ничего сложного из себя не представляет, однако требует внимательности и терпения (которые, впрочем, будут вознаграждены сполна). Поэтому считаю, что создав «олимпийский резерв», разумный «тренер» и в дальнейшем постарается создать для своих питомцев благоприятные «режим дня и диеты». Ламповые «книжки о вкусной и здоровой пище» — это весьма солидные издания с названиями типа «Электропитание радиоэлектронных устройств», «Промышленная электроника» и т.д., и т.п., поэтому объем данной статьи позволяет лишь вскользь затронуть наиболее важные моменты.

Наиболее важными мероприятиями по стабилизации режима ламп и продлению срока их службы являются продолжительный плавный прогрев катодов ламп, стабилизация накального напряжения и соблюдение правильного порядка подачи питающих напряжений. Дело в том, что сопротивление холодного (не накаливаемого) катода прямокальной лампы (или подогревателя подогревной) в 10 — 15 раз ниже, чем его же сопротивление при рабочей температуре, поэтому при подаче сразу полного накального напряжения пусковой бросок тока может соответствовать в 10 — 15 раз превысить номинальное значение. В период прогрева катода происходит изменение его геометрических размеров, следствием чего является повышенный риск осыпания оксидного слоя (из-за различий ТКЛР — температурного коэффициента линейного расширения материалов катода и его покрытия). Осыпанию оксидного слоя также способствует подача анодного напряжения в

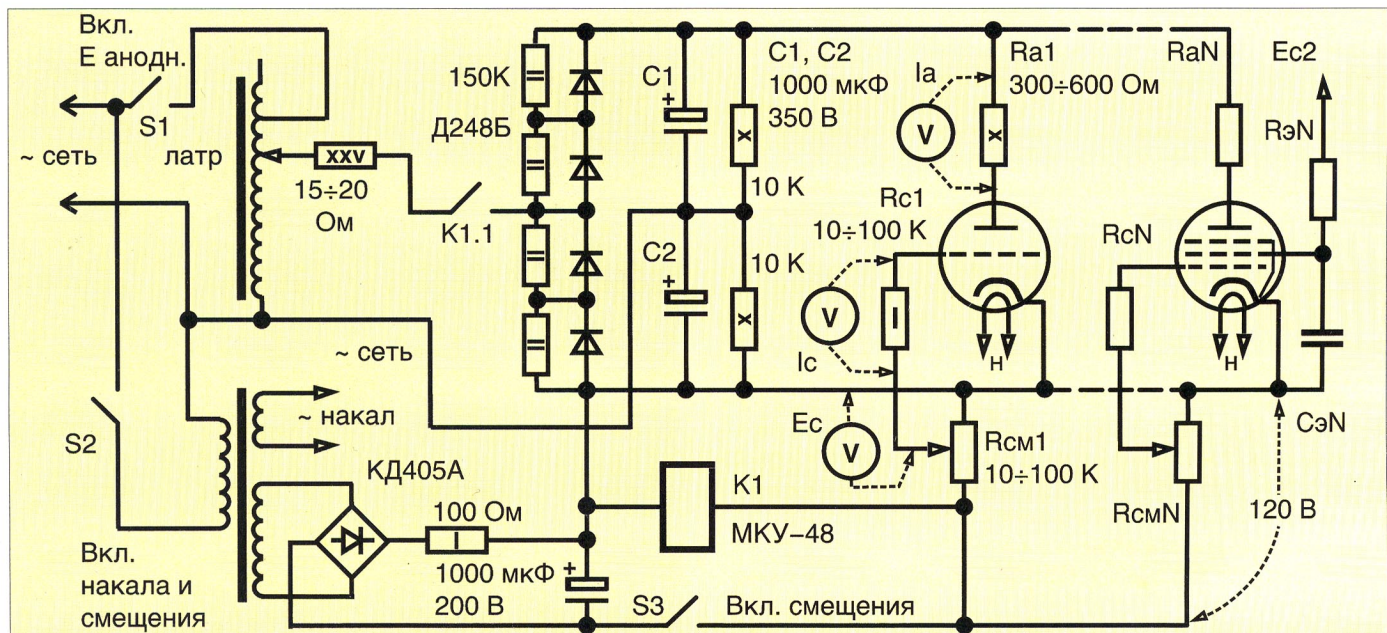


Рис. 1

Примечания

1. Соблюдать осторожность!!! Схема имеет непосредственную связь с сетью!
2. При тренировке и отборе пентодов и лучевых тетродов схема может быть дополнена источником питания экранных сеток E_{c2} .
3. Важнейшим элементом схемы является реле K1, предотвращающее подачу анодного напряжения на лампы при отключенном смещении. Отсутствие блокировки обязательно приведет в какой-то момент к гибели сразу всех одновременно тренируемых ламп.



Рис. 2

λ' — интенсивность отказов тех же ламп при их эксплуатации с напряжением накала $U_{H'}$, отличным от номинального.

Применительно к практике из этого следует:

- а) При превышении напряжения накала на $5 \div 6\%$ относительно номинала срок службы может сократиться вдвое (!!!),
- б) Работа с пониженным на $3 \div 5\%$ напряжением накала может продлить срок службы соответственно в $1,5 \div 2$ раза, но только в случае стабилизированного накального напряжения, так как при дальнейшем снижении его повышается интенсивность отравления катода остаточными газами, существенно снижаются крутизна и возможная величина импульсного тока катода.

Кроме того, при перерывах в работе до 3—4 часов целесообразно не отключать накал ламп, а понижать напряжение накала до 50—60% от номинального, отключая напряжения остальных электродов.

Во всех случаях оптимальная последовательность включения питающих напряжений ламп такова:

1. Накал.
2. Напряжение смещения управляющей сетки.
3. Анодное напряжение.
4. Напряжения экранных сеток (кроме ультралинейного и триодного включения пентодов и лучевых тетродов).
5. Переменные напряжения электродов.

Особенно важно придерживаться этой последовательности в случае многокаскадных усилителей с гальванической связью между каскадами.

По мере накопления информации мы будем делиться с читателями некоторыми полезными хитростями и способами организации питания ламп.

Никита Трошкин

период прогрева катода. Таким образом, сплошь и рядом применяемые простейшие способы питания ламп, при которых происходит быстрый разогрев катода из-за подачи полного накального напряжения, да еще при поданном сразу анодном напряжении, весьма способствуют сокращению срока службы электровакуумных приборов. Особенно губительна такая «кухня» для прямонакальных ламп с оксидными катодами — типа 300В, 2А3 и т.п., так как помимо термического расширения их катоды подвергаются действию электродинамических сил (особенно при броске пускового тока), да и адгезия оксидного покрытия с проволокой катода принципиально хуже, чем у подогревных ламп вследствие достаточно малого (по отношению к толщине оксидного слоя) радиуса этой проволоки.* Не зря поэтому в своих экзотических лампах А. Вайш применяет катоды из ленты! Кстати, если вы убежденный сторонник питания накала прямонакальных ламп постоянным током (что, как правило, не рекомендуется), советую регулярно (через 100—200 часов работы) переполюсовывать накальное напряжение.

Важность стабилизации напряжения накала очевидна, если учесть нижеследующее соотношение:

$$\lambda' \approx \lambda_0 \left(\frac{U_{H'}}{U_H} \right) \quad (!!!), \quad \text{где}$$

λ_0 — интенсивность отказов ламп при их эксплуатации с номинальным напряжением накала U_H ;

* — в подогревных лампах аналогичный эффект может приводить к ухудшению изоляции между катодом и подогревателем вследствие повреждения изолирующего алундового покрытия подогревателя.

