

# Мониторинг:

## Урок 8 Спикер-кабели

Филип Ньюэлл  
Перевод Олега Науменко  
Под редакцией  
Александра Кравченко,  
vita46@yandex.ru

В конце 1990-х годов в Институте Акустики на конференции «Звуковоспроизведение» мне довелось провести презентацию на тему «эзотерических» кабелей для акустических систем (т.н. спикер-кабелей). Во время дискуссии была сделана попытка «проверить температуру воды» в преобладающем мнении касательно дорогих спикер-кабелей в среде звукозаписи, радиовещания, киноиндустрии и профессиональной индустрии в целом. Во время презентации с DAT-магнитофона проигрывалась запись, сделанная с выхода высокоточного дифференциального усилителя, который, в свою очередь, обнаруживал различия между тринадцатью кабелями разного типа. Все кабели были длиной два метра. Кабели использовались для подачи музыкального сигнала от обычного hi-fi усилителя на типичную трехполосную акустическую систему. Надеюсь, это уже не опасно – говорить о том удивлении, которое возникло по поводу разнообразия задействованных кабелей: от телефонной «лапши», кабелей общего назначения и шнуров для питающих электросетей до таких, как F.M. Acoustics 'Force-line' – многожильных, JDF-экранированных, поляризованных, 8-жильных LC-OFC (Linear Crystal, Oxygen-Free Copper), которые стоят порядка 2500 фунтов за 5-метровую пару.

Несмотря на широкий диапазон вариаций потерь на кабелях двухметровой длины, сотня делегатов сошлись во мнении, что из-за системной специфики найденных в ходе опытов различий установить какие-либо однозначные и четко различимые степени «плохого» и «хорошего» практически невозможно. Другими словами, если данная акустическая система представляет собой «трудную» нагрузку для данного усилителя, особенно в условиях проигрывания динамически сложного сигнала, кабель «А» вполне может превзойти кабель «В». Если же используемая нагрузка относительно добротная, то вполне возможно, что кабели эти окажутся неразличимы по звучанию. В третьем случае, если такая качественная и добротная нагрузка подключается к двум разным усилителям «С» и «D», в результате чего «С» оказывается более подверженным радиочастотной нестабильности или «пасует» перед емкостной нагрузкой, тогда кабель «А», который звучал лучше на «трудной» нагрузке, скорее всего станет более восприимчив к проблемам радиопомех в цепях обратной связи усилителя, и, таким образом, кабель «В» окажется «более мягким» при работе с этим усилителем. Опять-таки, если после этого взять усилитель «D», то оба кабеля могут звучать одинаково. В таких случаях ни кабель «А», ни кабель «В» невозможно поставить по рангу выше или ниже. К примеру, на BBC утверждают, что у них «нет политики» использования в контрольном мониторинге дорогой кабельной продукции.

Как проектировщик-дизайнер студий, я не имею личных предпочтений в усилителях, мониторинговых системах, равно как в кроссоверах и кабелях. Однако у меня есть любимые систе-

мы для определенного набора условий, таких, как, например, стиль записываемой музыки или тип комнаты, в которую данную систему предполагается установить. Критерием здесь является общий баланс в системе, а не индивидуальные характеристики каждого отдельно взятого компонента.

Последние лет пятнадцать страницы hi-fi прессы пестрят мнениями и по поводу кабелей и их рекламой. Именно с поиска по этим публикациям, а также с изучения публикаций Аудио-Инженерного Сообщества (AES) Кейт Холланд и я начали делать свои попытки докопаться до сути принципов в запутанной сети различных концепций и мнений. Затем мы приступили к попыткам измерить различия в реальных рабочих условиях. Последние достижения в области микросхемотехники привели к появлению дифференциальных усилителей с ослаблением синфазных сигналов порядка 110 дБ, благодаря чему стали доступны тестовые схемы с прежде невозможной способностью обнаруживать различия на коротких длинах кабелей. Мы поручили Яну Пайперу (Ian Piper) из ICP Electronics сконструировать достаточно точный компаратор и обязали его помогать нам в ходе наших начальных экспериментов.

Когда Кейт Холланд и Ян Пайпер проводили первые испытания дифференциального усилителя, я находился в Гранаде (Испания), подготавливая основу для презентации в Институте Акустики (IOA). В то время Кейт был очень скептичен касательно многих уверений о звучании дорогих кабелей и относился к данному мероприятию весьма прохладно. Поэтому я был очень удивлен, когда сразу после проведения в мое отсутствие первых тестов и по моему возвращению из Гранады он позвонил мне в несколько возбужденном состоянии. Я попросил его прислать мне DAT-кассету с записью выхода дифференциального усилителя, он ответил, что у него под рукой не оказалось DAT-магнитофона, но есть запись на обычной кассете. Я сказал: «Кассета? Достаточно ли качественна эта запись для того, чтоб я мог услышать различия?» Он ответил: «Качественна? Я мог бы проиграть тебе ее по телефону, и ты без труда различил бы один кабель от другого». Это было что-то – слышать такое от скептика! Слышимые различия были не только в уровне, но и в спектральном балансе, и в «плотности» звука.

Однако здесь я должен подчеркнуть, что измеренные в данных тестах различия – это различия в потерях, происходя-

щих в каждом из кабелей по его длине. Эти различия были обнаружены только благодаря высокоточному дифференциальному усилителю с сильным подавлением синфазных сигналов. Хотя потери эти были довольно разными, их уровни составляли ничтожно малую часть от уровня полезного сигнала, подводимого к акустическим системам. Еще я хочу обратить внимание читателя на то, что мы при этом не измеряли и не подвергали критическому прослушиванию звучание систем. Здесь не предполагалось, что в общем звучании системы возникают значимые различия при использовании разных кабелей. Однако тесты очень ясно показали, что, бесспорно, различия существуют. И хотя для заядлых hi-fi-щиков это заявление сродни допущению, что рыбы могут плавать, и может показаться до смешного очевидным, но в профессиональной индустрии большое число уважаемых людей проявляют заметное нежелание принять как факт, что, во-первых, «эзотерические» кабели все-таки чего-то да стоят по сравнению с обычно используемыми в хорошей инженерной практике и, во-вторых, вся заметная польза, возникающая от их использования, может быть выгодной или заслуживает усилий в практической работе.

Более того, многие в профессиональной индустрии воспринимают некоторые заявления по поводу кабелей как противоречивые, абсурдные, спутанные, объясняя тем самым нежелание основывать свою профессиональную репутацию на таких, казалось бы, неясных концепциях. В основном именно для решения этой проблемы и была инициирована данная конференция – выяснить, существуют ли определенные универсальные типы кабелей и/или практики, которые могли бы принести ощутимую пользу при использовании их в составе системы, уже сконструированной по всем инженерным принципам.

Среди делегатов в Институте Акустики в качестве наблюдателей и для представления своих свидетельств о слышимом ими неоспоримом преимуществе «особенных» кабелей присутствовали некоторые люди из мира hi-fi – пользователи и энтузиасты. Дэвид Свифт, прекрасный hi-fi-энтузиаст, приехал из своего дома в Whitehaven, где в его распоряжении находится имеющий несколько тысяч жил litz-кабель. Он практически был готов стоять насмерть, утверждая, что применение такого кабеля улучшило звучание его системы. События развернулись таким образом, что теперь я могу верить, но, как вскоре стало известно, его

**bespeco**  
high fidelity imagination

Рэки и флайт-кейсы

Чехлы, кейсы, стойки

Кабель в бухтах и упаковке

Мультикоры

Штекеры и разъемы

официальный дистрибьютор  
**AA LIGHT SOUND EQUIPMENT**  
www.aalse.ru

звуковая система имеет слишком требовательную по отношению к кабелям природу: 10-метровые кабели, подключенные к весьма «трудным» нагрузкам. Тот же самый кабель разной длины и на разных системах, скорее всего, не покажет никакой разницы по сравнению с обычным кабелем. Опять-таки, очевидным было влияние специфики используемой системы, и именно эта недостача «всеобъемлющих» приложений сверх и лучше общепринятых «хороших инженерных принципов» и привела к имеющему месту и поныне скептицизму в профессиональной индустрии.

Следующие разделы содержат выдержки из проделанной работы, которую я представил на конференции в Институте Акустики, затем следуют обобщающие выводы, сделанные на основе соглашения, полученного в результате дискуссий, а также экспериментов, проведенных Холландом, Пайпером и мной.

Итак: эзотерические кабели – есть ли от них прок?

### 1. Введение

Две тысячи фунтов или более теперь не такая уж и большая сумма для покупки хорошей пары спикер-кабелей, тем не менее многие люди в профессиональном аудио выказывают заметное сопротивление попыткам убедить их в том, что такие кабели дают по-настоящему положительный результат в звучании систем. Многие называют вторичные или третичные последствия подключения и укладки кабелей в качестве главной причины субъективного улучшения: общая забота о чистоте и плотности контактных соединений, правильная укладка кабелей и хорошая пайка – типичные примеры объяснений в противовес доводам о прямом преимуществе одного кабеля перед другим. Другая часто слышимая претензия от «неверующих»: «Покажите мне неоспоримое доказательство в соответствии с законом Ома!» Чрезмерное увлечение этим вопросом на страницах hi-fi-журналов, естественно, не добавило веры большинству профессионалов (а они, как правило, консервативны) в том, что в этих эзотерических чудесах есть нечто существенное. Но все же на протяжении всех этих лет я встречал очень много уважаемых мною людей, которые были уверены в особых свойствах определенных типов кабелей слишком сильно, так что ни малейшей возможности когда-нибудь их в этом разубедить не предвидится.

Продолжаются дебаты вокруг бескислородной и линейно-кристаллической меди в противовес обычной, вокруг коаксиальных кабелей в противовес параллельным кабелям, вокруг оптимальной толщины жилы по отношению к «поверхностному эффекту», вокруг серебряной или оловянно-свинцовой пайки разъемов, вокруг материалов изоляции; направленности (в смысле четкого определения, какой конец кабеля должен идти к усилителю, а какой к акустической системе) другими словами, нереверсивных кабелей, вокруг экранирования от внешних электромагнитных полей как низкочастотных, так и высокочастотных, вокруг общих свойств кабеля как трансмиссионной линии и во многих других противоречивых аспектах. Для заинтересованных в увеличении объемов продаж журналов такие дискуссии определенно являются чудесным знаменем, но к индустрии в целом они доверия не добавляют.

### 2. Общая культура коммутации

Очевидно, любой более-менее приемлемый кабель будет звучать лучше, чем очень длинный кусок плохо подсоединенной телефонной «лапши». Как правило, обычный качественный многожильный 60-амперный медный провод, правильно припаянный или присоединенный, должен быть адекватным в большинстве применений. Цена всего в полтора доллара за пару метров тоже вполне реалистична для широкого спектра задач. Очевидным остается правило минимальной длины кабеля между усилителем и акустической системой – в идеале нулевая длина означает нулевой вклад кабеля в звучание. И наоборот, кабель абсурдно большой длины с сопротивлением 8 Ом окажет непередаваемо тяжелое влияние на звучание четырехомной системы.

Как видно из наших последних исследований, наименьшей заметность или незаметность влияния различных кабелей является на активных системах с электронным кроссовером и несколькими усилителями, обслуживающими разные частотные полосы. И значительно это влияние на системах с пассивными кроссоверами, особенно на тех, импеданс которых представляет собой неравномерную, «тяжелую» динамическую нагрузку. Крайним примером последнего подхода являются системы Hidley/Kinoshita, импеданс входа кроссовера которых на некоторых частотах достигает 0,8 Ом. Учитывая, что заявляемая мощность системы составляет 1000 Вт на сложном музы-

кальном сигнале, когда развиваются высокие уровни громкости с использованием их «родного» усилителя JDF3200, совершенно неудивительно наблюдать броски тока в электрической цепи, превышающие 100 А. С этими системами JDF поставляет бескислородные кабели с внешним экраном, поляризованным постоянным током, нереверсивными проводами с общей направленностью, т.е. подключать к усилителю можно только один конец кабеля. Я упоминаю здесь эти системы потому, что они оказались удобным испытательным стендом для раскрытия общих тенденций в силу тех высоких требований, которые они предъявляют к усилителю и кабелям.

Если рассматривать соединения от усилителя к кроссоверу и от кроссовера к громкоговорителю, то первое оказывается более критичным к выбору кабелей. Кабель между усилителем и кроссовером должен быть как можно короче, ведь именно в кроссоверах реализуются сложные динамические нагрузки. Если между усилителем и акустической системой планируется значительное расстояние, то кроссовер следует максимально приблизить к усилителю, чтобы минимизировать то расстояние, на котором кабели подвергаются выраженной реактивной нагрузке. А еще именно на этом участке сложные противо ЭДС, генерируемые всей системой, будут попадать в цепи обратной связи питающего усилителя. Любой импеданс или неравномерность, имеющие место на этой длине кабеля, составляют верхнюю часть цепи делителя, роль же нижней играет выходной импеданс усилителя, на котором цепи обратной связи выделяют свои паразитные сигналы. Любые радиочастотные или другие помехи, влияющие на кабель между усилителем и кроссовером, включая любую нелинейную проводимость (предполагается, что она вызвана междукристаллическими границами в обычных медных кабелях), опять же вносят изменения в работу цепей обратной связи. Я подозреваю, что то преимущество, которое некоторые аудиофилы приписывают усилителям без обратной связи, частично может быть связано именно с их невосприимчивостью к указанным выше эффектам.

Даже с применением коротких и адекватных кабелей возможная нелинейная проводимость на этом участке цепи значительно усугубляется другими, на этот раз уже «междуметаллическими» соединениями. Например, луженная ножка транзистора, припаянная к медной до-

рожке на печатной плате, к которой с другой стороны припаян (олово/свинец) медный провод, с другой стороны обжатый или припаянный к латунной клемме под винт, прикрученной к латунному контакту через стальную зубчатую шайбу, в свою очередь, подсоединенному к хромированному разъему типа «banana» или другому контакту – и это только со стороны усилителя. Разъемы с хромированными пружинящими контактами на шасси громкоговорителей печально известны быстрым (всего несколько месяцев) формированием оксидной пленки на материале. Фактически хром сохраняет свой блеск именно благодаря тонкой оксидной пленке, немедленно возникающей на поверхности при контакте с воздухом. Так что все проблемы, вносимые повторно подсоединенным коротким и высококачественным медным кабелем с правильно подобранным сечением, будут невелики в сравнении с влиянием других потенциально нелинейных соединений в цепи. Есть люди, которые утверждают, что сравнительные тесты (AB-тесты) на определенные такие тонкие нюансы, проводимые при помощи переключателя или реле, несостоятельны уже хотя бы внесением в цепь контактов переключения. Если цепь устроена так, как отмечено выше, то я не могу найти оправдания такому легкому невроту ни в экспериментальных измерениях, ни в прослушивании, ни в интеллектуальных измышлениях.

### 3. Геометрия проводников и поверхностный эффект

Общая площадь сечения проводников должна быть достаточной для пропуска наивысших динамических токов, которые только могут возникнуть в данной системе, без заметных на слух мгновенных температурных подъемов сопротивления. Необходимая площадь сечения будет зависеть от длины и удельного сопротивления проводника. Горячие дебаты ведутся вокруг того, каким должно быть количество отдельных жил, формирующих общее сечение проводника. И снова похоже на то, что проблема здесь усугубляется сложными динамическими импедансами нагрузок и сводится к минимуму в мульти-усилительных системах с активным кроссовером. В последнем случае – к примеру, в типичной четырехполосной системе – вряд ли какой-то из кабелей работает с диапазоном частот более четырех октав. В системах с пассивным кроссовером одиннадцать октав могут накладываться более жесткие требо-

вания на линейность передающей цепи, состоящей из спикер-кабелей. Развивая эту мысль, отметим, что только в пассивной системе высокого уровня кабель между усилителем и кроссовером является единственным участком, несущим полную, широкополосную программу высокого уровня.

Некоторые производители поют дифирамбы кабелям, сделанным из сотен тонких, подобных волоскам, жил для максимизации соотношения поверхностной площади провода к его сечению. В то же время другие уверяют, что такой подход увеличивает потенциальную возможность поверхностной коррозии и междужильной нелинейной проводимости ввиду «выпрямляющего» свойства оксида меди. Также утверждается, что раздельные проводники по типу обычных телефонных кабелей – оптимальный выбор с точки зрения баланса потока электрического тока между сердцевиной и поверхностью провода. Но другие производители настаивают на том, что такие жилы должны изолироваться друг от друга в пучке как для устранения проблем долговременной коррозии, так и для предотвращения колебаний импеданса кабеля из-за случайного контакта между жилами, который возникает от передвижения кабеля (укладка и вибрация).

Я встречал заявления производителей, что поверхностный эффект становится значительным на частотах около 10 кГц, тогда как другие люди утверждают, что эффект проявляется уже на 1 кГц. Я также встречал опытных и образованных людей, утверждающих, что такие эффекты не могут проявляться на частотах ниже 100 кГц и даже выше. Такое широкое различие во взглядах не может не беспокоить.

### 4. Групповые задержки и изоляционные материалы

Подобно мнениям по поводу поверхностного эффекта существует мнение, поддерживаемое определенными группами лиц, что в трансмиссионных линиях мониторинговых систем обязательно следует учитывать групповые задержки. Другие возражают, что такие групповые задержки могут существовать только в пределах микросекунд и в аудио-системах ими можно пренебречь. Сигналы, отражающиеся от неидеальных контактов на обоих концах линии передачи, имеют конечное время «жизни» внутри линии передачи, и опять-таки, если присутствуют в достаточно большой степени, вносят



**Аудиомультиторные системы:**

**Многоканальные Системы (Stage Box)**  
для рижанов и мультиторных ПК раз  
от 24 до 48 каналов



**Мобильные системы на катушке**

**DeepLink**  
от 8 до 48 каналов



**ComaLink Pro**  
от 24 до 48 каналов



**Напольные системы**

**SmartLink Pro** от 8 до 48 каналов



**Адаптеры и удлинители**



**Кабель на катушках:**

- Микрофонный** 
- Интерфейсный** 
- Спикер-кабель** 
- Спикер-мультиторный** 
- HiFi кабель** 
- Аудиокабель оптический** 

**ПРОАУДИО**  
И СВЕТОВЫЕ  
**СИСТЕМЫ**

Тел: (495) 901 9931, 956 6847  
Факс: (495) 254 1651  
Интернет: [www.pal-systems.ru](http://www.pal-systems.ru)

своей вклад, в частности, в паразитные токи схем обратной связи. Вопрос вот в чем: какую степень присутствия следует считать значительной?

Изоляционные материалы – это диэлектрики, в которых при условии достаточно высоких напряжений происходит миграция зарядов, «возвращающихся назад» после некоторого конечного промежутка времени при прекращении полезного сигнала в проводнике. Как и в случае с групповыми задержками, насколько эти эффекты слышны и при каких обстоятельствах?

Другой аспект касается технологии изоляционных материалов: насколько изоляция способна препятствовать или химически ускорять возникновение поверхностной коррозии? И хотя это явление не является слышимым в любой данный момент времени, если такие эффекты очевидны, то в какие сроки эта деградация происходит – за месяцы, годы, десятилетия или постоянно?

### 5. Общие выводы

Когда выбран и подключен какой-либо кабель, остается обратить внимание не только на качество подсоединенных к нему разъемов, но и на еще одно его ценное качество – это целостность, однородность. Скрытые изменения сопротивления или линейности проводимости – тревожные свойства в любой системе. Подозрение, что качество звучания системы ухудшается со временем, действует одинаково удручающе как на добросовестного любителя, так и на профессионала. Если вы больше не можете доверять своей мониторинг системе в плане стабильности параметров, то тогда поддается сама основа вашей способности оценивать запись. Если поверхностная коррозия существенна и ускоряется в силу использования специфических изоляционных материалов, то стоит избегать выказывающих такие симптомы кабелей. Если многожильные кабели показывают заметные изменения звучания из-за межжильной неоднородности контакта при перемещении или вибрации, такие потенциальные параметры тоже следует считать нежелательными, а кабели с такими свойствами для серьезной системы заказывать не следует.

Я прекрасно понимаю, что задачи реального мира могут выдвигать разработчикам довольно странные требования, но все же сомневаюсь, что систему, в которой усилители находятся на расстоянии пятнадцати метров от громкоговорите-

лей, можно считать хорошо спроектированной. Особенно, если усилители, в свою очередь, запитаны от переноски на конце недостаточно толстого, но такого же длинного силового кабеля. Однако позволю мне открыть дебаты. Я скажу, что хорошо продуманная, правильно установленная система, в которой усилители находятся в непосредственной близости от громкоговорителей, будет звучать оптимально с использованием обычного кабеля МК1 с медными проводниками адекватного сечения. Для уменьшения расстояния в такой системе можно использовать один усилитель для одной акустической системы, а не обычную схему, в которой каждый усилитель используется в стерео и подключается к обоим акустическим системам одновременно. Я признаю, что более «эзотерические» кабели выполняют свою задачу. Они могут помочь решить проблемы сложных установок или особо неравномерных динамических импедансов, но в целом обычный правильно подобранный медный кабель адекватного токового номинала, малой длины, оптимального набора жил в пределах стоящей задачи, будучи правильно подсоединен будет звучать настолько же хорошо. Кто-нибудь поднимет перчатку?

### 6. Замечание

Разделы с первого по пятый – это мой доклад в Институте Акустики, прочитанный перед демонстрацией и обсуждением. Ниже следует анализ наиболее ярких моментов последовавшего после этого обсуждения.

### 7. Кабели или усилители?

Когда кабель, соединяющий усилитель и громкоговоритель, заменяли на другой, все слышимые отличия обычно приписывались кабелю. Однако бывают случаи, когда, например, производитель усилителя использует цепи Зобеля в выходных каскадах для повышения стабильности и предполагает при этом использование спикер-кабелей с обычно минимальным импедансом, пытаясь обеспечить стабильность работы. Использование же низкоомного кабеля с низкой индуктивностью и высокой емкостью может иметь неблагоприятные последствия при работе этого усилителя, так что заметная на слух замена кабеля может быть вызвана сменой характера нагрузки усилителя, а не кабелями как таковыми. Кто-то скажет, что эту пробле-

му нужно решать в усилителе, но кто-то из производителей ответит, что они производят усилители с оптимальными параметрами под большинство типичных задач. Этот факт подтверждает мое прочно укоренившееся мнение, что системы следует рассматривать только как системы. Индивидуальные компоненты нельзя создавать в отдельности от других.

### 8. Переменные в кабелях

Вопреки вышеупомянутому случаю, когда производитель усилителей предполагает использование кабеля с некоторым минимальным импедансом (ведь в этом случае придется ставить под сомнение, являются ли кабели частью схемы усилителя или нет) тяжело спорить с тем фактом, что наилучший кабель – это отсутствие кабеля вообще. Ричард Ли из Wharfedale на конференции IOA громко и ясно настаивал на том, что на тестах у них в Wharfedale единственный проводник достаточно большой длины между усилителем и акустической системой, который не могли идентифицировать при прослушивании, – это два очень толстых кабеля, применяющихся обычно для прожекторов. Из всех тестируемых кабелей эти громоздкие прутья оказались единственными, по звучанию приближающимися к понятию «отсутствие кабеля».

### 9. Кислород и миграция зарядов

По сути, кабель – очень сложная цепь сопротивлений, индуктивностей и емкостей. Эту цепь усложняют также сходные с диодными переходные контакты между отдельными кристаллами или жилами, где в форме поверхностных оксидов присутствует кислород. Интересно, что первый широко используемый в электрических экспериментах выпрямитель был создан именно на основе оксида меди. Удаляя кислород из меди, удаляем источник нестабильности параметров, но химическое средство меди и кислорода все равно будет приводить к случайному окислению, разве что удастся использовать изоляцию, настолько непроницаемую для кислорода, насколько возможно. К сожалению, пропускание кислорода – не единственный критерий, по которому следует выбирать изоляционные материалы, ведь диэлектрическая абсорбция и миграция зарядов здесь столь же важные факторы. Если заряженный конденсатор кратковременно закортит с целью разрядки, в некоторых случаях после не-

которого промежутка времени будет заметен некоторый подъем напряжения на его выводах. Это явление диэлектрической абсорбции, которая в меньшей степени проявляется и в кабелях, и наибольшее влияние на силу абсорбции оказывает выбор изоляционного материала. Появление напряжения с задержкой после удаления закорачивающего проводника вызвано тем, что поглощенные (абсорбированные) заряды постепенно отпускаются из изоляционного материала, появляясь в виде зарядов на выводах.

### 10. Поверхностный эффект

О поверхностном, или скин-эффекте ведется много разговоров и споров. Попросту говоря, высокие частоты тяготеют двигаться вдоль поверхности проводника, а не по его центру. Старый подход к преодолению этого явления состоял в использовании плотно сплетенного многожильного кабеля, который обеспечивал бы наибольшее соотношение площади поверхности проводника к сечению. Но в ответ утверждается, что, поскольку эти тонкие жилы плотно сплетены, они ведут себя не как отдельные жилы, а как один провод. Отдельно взятая жила в пучке кабеля в одном его участке может оказаться снаружи, а в другом – «нырять» в центр пучка в процессе сплетения, а потом появляться еще где-нибудь. Таким образом, высокие частоты вынуждены проникать из жилы в жилу непредсказуемыми путями, которые к тому же меняются при изгибании и передвижении кабеля. Очевидно, что если кабель сделан из обычной меди с поверхностными окислами, то можно рассматривать контакт между каждой двумя жилами как потенциальный выпрямитель, зашунтированный сопротивлением кратчайшего пути проводимости между отдельными жилами. Большинство электронов устремляются по пути наименьшего сопротивления.

Использование так называемого litz-кабеля, в котором каждая жила изолирована от других лаком, продиктовано попыткой преодолеть эту проблему путем устранения междужильной проводимости. Я видел такие спикер-кабели, в которых использовалось до трех тысяч сверхтонких жил в каждом проводнике. Вытянутый в такую тонкую жилу медный провод приближается по свойствам к линейному кристаллу, поскольку каждый отдельный кристалл меди оказывается раздавленным и растянутым. Тогда каждая жила имеет меньше междукристалли-

ческих переходов и, значит, меньшую склонность к нежелательному выпрямлению низкоуровневого сигнала. Здесь снова проблема: вытягивать или прессовать? Считается, что прессовка дает более длинные кристаллы, которые в момент производства находятся не в таком сильном состоянии внутреннего механического напряжения и деформации, как при вытягивании. Подверженные сильным деформациям кристаллы не только более хрупки, но и более подвержены излому из-за токовых нагрузок.

### 11. Магнитные соображения

Токовые деформации вызваны межмолекулярным электромагнитным притяжением и отталкиванием как функцией магнитных сил вследствие электрического тока. Некоторые материалы проявляют свойство магнитоstriction – расширения и сжатия в соответствии с изменением силы тока. В многожильных кабелях отдельные жилы еще могут двигаться в результате взаимодействия своих внешних полей. Любое такое движение в геометрии кабеля неизбежно изменит внутреннюю индуктивность и емкость, предоставляя нам динамически меняющийся набор электрических параметров. Для рассмотрения такого паразитного движения в большом масштабе в тестах, проведенных нами до конференции в IOA, было ясно продемонстрировано и взаимное влияние между кабелями. Пара многожильных FM Forceline были разнесены при прослушивании выхода дифференциального усилителя с прохождением сигнала между усилителем и громкоговорителем. Как только кабели совместили вплотную, звук дифференциального усилителя заметно изменился по спектральному балансу, что ясно говорит об изменении последовательной индуктивности пары кабелей. Замечу, что компания FM поставляет пластиковые клипсы-распорки для поддержания постоянного расстояния между своими кабелями.

### 12. За пределами потери мощности

Некоторые сторонники философии поверхностного эффекта многожильных кабелей не учитывают, что потеря мощности – это не единственный актуальный параметр.

Есть люди, утверждающие, что кабели большего сечения с диаметром жил около 0,8 мм дают более сбалансирован-

ный результат. Сопротивление и нелинейность из-за междужильных переходов и частотно-зависимые пути распространения тока в длинных кабелях, сопровождаемые вариациями импеданса на этих путях, и магнитное движение самих кабелей считаются более заметными по звучанию со свойственными им фазовыми сдвигами, нежели потери вольт-амперов вследствие одного только поверхностного эффекта. Вся запутанность этих взаимных влияний была четко показана профессором Малькомом Хауксфордом из Ессекского университета, который продемонстрировал конференции IOA графики, отражающие поведение кабелей длиной 5 м и более на частотах выше 100 кГц. Они ясно показывают искажения передаточной функции как результат резонансов и других явлений трансмиссионных линий, которые возникают в диапазоне от 100 кГц до 1 МГц. Был пример, когда кабели с хорошей характеристикой передачи в области высоких частот оказывались более подвержены радиочастотным помехам, передающимся в цепи усилителя и приносящим весьма нежелательный эффект, в то время как кабели не с такой богатой передачей в области высших частот или с более значимыми потерями оказывались лучше в системах с повышенной нестабильностью усилителя вследствие радиочастотной интерференции.

Конечно же, способность кабеля влиять на качество звучания обоснованна, но по-прежнему решение проблем кроется в точном балансе параметров и их соотношении с параметрами усилителя и громкоговорителя. На конференции в IOA для всех было очевидно, что путем решения «инженерной задачи» нельзя найти универсально «правильный кабель», поскольку природа взаимодействия с остальными частями системы может быть слишком сложной. Если кабели, подобранные под некоторую систему, вполне подходят этой системе, это еще не значит, что они будут также хороши и в другой системе. В случае с более дорогостоящими комплектующими многие люди ощутили, что субъективно более заметный результат достигается тратой денег на что-то другое в системе.

### 13. Восприимчивость системы

Конечно, когда такие меры уже приняты, кабель может остаться единственным, что можно улучшать для достижения совершенства, однако, системный подход в дизайне способен устранить самую сложную проблему кабелей.

Вот уже двадцать пять лет, как я разрабатываю и устанавливаю студийные мониторные системы. Но даже мои первые системы имели низкоуровневый кроссовер и мультиусилительную схему. Адекватный и правильно подобранный кабель всегда оказывался достаточным для обеспечения относительной устойчивости системы по отношению к кабельным проблемам, тогда как системы Хидли-Киношита, в номинале требующие 1000 Вт на 4 Ом в пассиве, с другой стороны, к выбору кабелей очень чувствительны. Объяснение состоит в том, что кабельные проблемы пропорциональны длине, ширине частотного диапазона и силе тока. Система с несколькими усилителями, работающими на разные частотные полосы и расположенными непосредственно возле мониторных систем, позволяет использовать достаточно короткие кабели, при этом каждый кабель переносит лишь некоторый суженный частотный диапазон. Таким образом, исключаются два критических фактора из трех. Третий – сила тока – имеет ощутимое значение лишь тогда, когда первые два велики. В больших системах, воспроизводящих более широкую полосу частот, низкочастотные сигналы могут легко превосходить по уровню на 60 дБ те тонкие нюансы, которые передаются высокими частотами. Когда сигнал передается только по одному кабелю, низкие частоты, посредством одного из вышеупомянутых механизмов, могут модулировать, делать мутными, маскировать искажения высокочастотные составляющие, отвечающие за чистоту и открытость звучания. Помните, что 60 дБ – это 1000000 к 1 по мощности. Потенциальное преимущество одних частот над другими огромно!

Уровень искажений вследствие межкристаллических и междужильных контактных переходов в мультиусилительных системах тоже намного ниже. Помните, что если искажения низкочастотных составляющих находятся ниже по уровню на 60 дБ, то они могут быть все еще наравне с высокочастотной информацией. Когда низкочастотные искажения ограничены пределами низкочастотной полосы акустической системы, они не будут воспроизводиться низкочастотными громкоговорителями, которые обычно не могут воспроизводить высокочастотные продукты искажений, и в то же время высокочастотные сигналы остаются чистыми. Тогда все аномалии, связанные с проблемами сильных токов, будут находиться в высокочастотной секции на уровне -60 дБ по отношению к высокочастотному сигналу, т.е проблема сводится к минимуму.

#### 14. Bi-wiring

Для пользователей пассивных систем с кроссоверами высокого уровня решение этих проблем лежит в простой технике, позволяющей освободить кабели в системе от работы во всем частотном диапазоне. Ответ называется bi-wiring, когда с выхода усилителя идут отдельные кабели к разделенным входам фильтров кроссовера (рис. 1). Хотя кабели оказываются запараллеленными на терминалах усилителя и в отличие от кабелей в мультиусилительных системах находятся под напряжением во всем воспроизводимом спектре частот, высокочастотные кабели не несут на себе токи низкочастотных громкоговорителей, так что вызванные бросками силы тока магнитные аномалии практически не возникают. Таким образом, высокочастотные сигналы не подвергаются влиянию токов, текущих по низкочастотным кабелям. Принцип можно развивать и далее, используя отдельные усилители, как показано на рис. 2. В этой конфигурации все еще используется пассивный высокоуровневый кроссовер, но кабели изолированы друг от

друга двумя отдельными усилителями и объединение существует лишь до усилителей. Усилители все еще получают широкополосный сигнал, но теперь им требуется развивать токи не больше тех, которые нужны конкретной секции кроссовера, которую они питают. Без сомнения, как показывает мой личный опыт, с пассивными широкополосными системами bi-wiring работает гораздо лучше, чем какой-либо другой метод улучшения кабельного соединения.

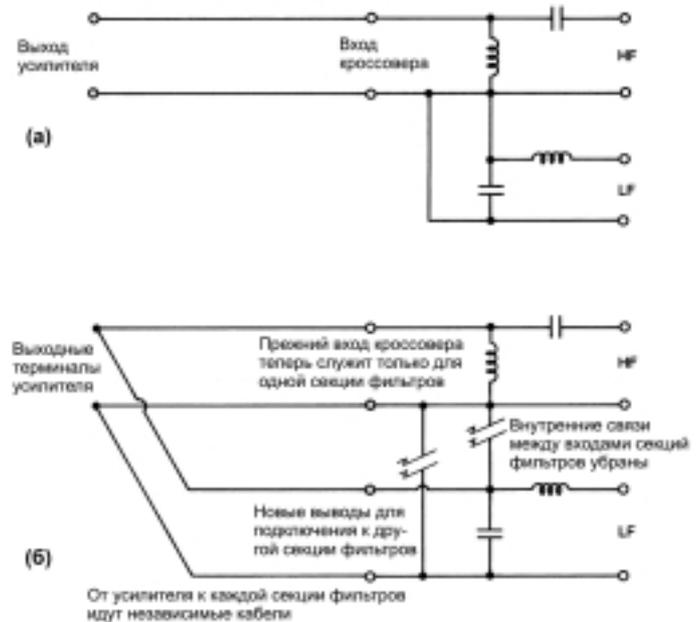


Рисунок 1  
(а) Обычное подключение усилителя к кроссоверу  
(б) bi-wiring

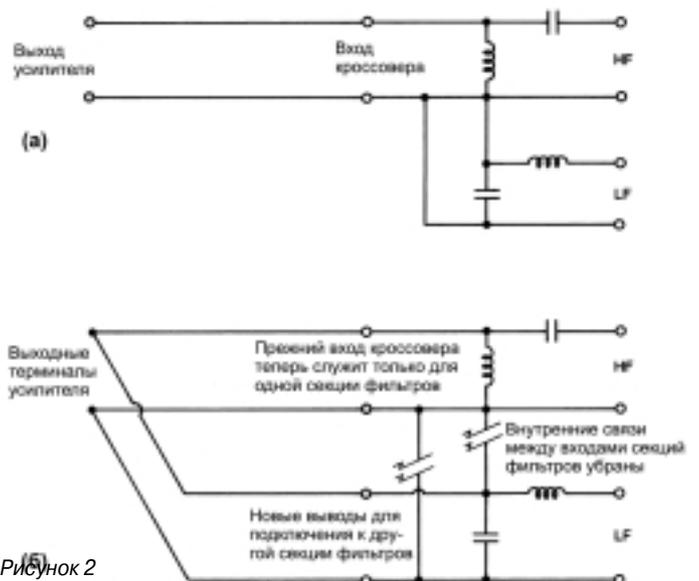


Рисунок 2  
Развитие идеи bi-wiring в принцип двойного усиления (bi-amplification) при том же использовании пассивных кроссоверов

### 15. Магнитное поле – в обоих направлениях!

Наверное, мне нужно подчеркнуть, что не от одного достаточно уважаемого и компетентного лица я слышал о фактах прямого восприятия человеком электромагнитных полей, возникающих рядом с работающими спикер-кабелями. Хотя отметить существование такого явления невозможно, я не знаю ничего о попытках экспериментальными методами оценить или численно описать такие эффекты. Что же касается излучения в обратном направлении, то радиочастотная интерференция извне, усиливаемая склонностью кабеля проявлять себя в качестве антенны, может суммироваться с сигналом в цепи обратной связи и вызывать «песочность» звучания в основном благодаря эскалации высокочастотных проблем в усилителе. Проявление таких явлений целиком находится в зависимости от параметров окружающей среды, так что экранированный кабель уже нельзя назвать «лучшим, и точка» только из-за экрана. Также как и ранее, это требование зависит от специфики системы, т.е. от чувствительности такого-то типа усилителей к электромагнитным помехам, а также от силы таких помех в месте, где предстоит устанавливать систему.

### 16. Геометрия

Существует много разных геометрических форм сечения проводников. Каждая из них своим особенным образом решает поставленную разработчиком задачу обеспечить оптимальный желаемый баланс сопротивления, индуктивности, емкости и электромагнитной помехозащищенности. Несколько лет назад была мода на кабели с высокой емкостью. В основном эта идея строилась на согласовании импедансов, особенно в работе с ламповыми усилителями, когда 8-омный выход вполне может оказаться нагружен на 8-омный громкоговоритель через кабель с 8-омным номинальным импедансом. Я говорю «номинальным», поскольку входной и выходной импедансы, как правило, сильно зависят от частоты. Емкостные кабели позже развенчали за неспособность достойно звучать с некоторыми типами транзисторных усилителей, но, несмотря на это, существуют системы, на которых они дают приятные результаты, в чем еще раз открывается системно-зависимая природа выбора правильного кабеля.

### 17. Изоляторы

Форма сечения может быть связана с используемой изоляцией и изоляционным материалом. Обычно считают, что Teflon (PTFE) достаточно хороший изолятор. Толщина изоляции может влиять на степень диэлектрической абсорбции и на силу междужильного магнитного притяжения-отталкивания. Сегодня производятся некоторые кабели с жилами из изоляционного материала, свитыми в пучок вместе с индивидуально изолированными проводящими жилами. Это делается для того, чтоб каждая жила вела себя наиболее подобно одиночному проводу путем уменьшения магнитных взаимных влияний и сил притяжения-отталкивания. В сравнении с кабелями, не использующими технологию *litz*, они также свободны от поверхностного эффекта, чем устраняется переход высокочастотных токов от жилы к жиле, весь плотно упакованный пучок ведет себя, как единый провод.

### 18. Заключение

Вариации на все разнообразные темы не поддаются исчислению. Сложность поведения кабелей, особенно тех, через которые пропускаются большие токи, делает невозможным точные прогнозы, как какой-то отдельно взятый кабель будет звучать с такой-то системой. Корректные инженерные принципы обычно приводят к хорошим результатам, но если данный кабель, даже несмотря на ожидания, определенно улучшает субъективное качество системы, тогда этот кабель нужно принимать во внимание при установке этой системы. Активные мульти-усилительные системы сравнительно устойчивы к проблемам кабельного характера до тех пор, пока используется достаточно качественный, адекватного сечения кабель и усилители держатся на расстоянии не более двух-трех метров от громкоговорителей. Эта относительная устойчивость обратно пропорциональна ширине передаваемой одним кабелем частотной полосы.

Широкополосные системы с пассивными кроссоверами должны где возможно предусматривать наикратчайшее возможное расстояние между усилителем и кроссовером и между кроссовером и громкоговорителями в соответствии со всеми известными соображениями о взаимном влиянии. Почти во всех таких ситуациях полезно будет использовать *bi-wiring*, разделяющий текущий в двух отдельных секциях фильтров ток. Тем са-

мым предотвращается вызываемое низкими частотами модулирование и, несомненно, движение кабелей, переносящих более низкие по уровню, нежные и тонкие нюансы высокочастотной информации. Польза еще более очевидна с осознанием того факта, что каждый из кабелей несет намного меньшую нагрузку, в результате чего спонтанные флуктуации тока ослабляются в высшей степени.

Проблема сопоставления субъективных и объективных различий в этих вопросах значимым образом базируется на том факте, что в смысле частотных характеристик мы имеем дело с провалами, расположенными поверх провалов, расположенными, в свою очередь, поверх провалов. Тандем мозга и ушей имеет замечательную способность различать тонкие детали на несколько порядков выше, чем наилучшее измерительное оборудование. Нелинейность некоторых из явлений в кабелях лишает нас возможности полностью предсказать поведение системы, исходя лишь из базовых принципов. Существует много «любимых домашних теорий», которые не подтверждаются известными фактами, существует также много противоречивых точек зрения, подлежащих пересмотру. (Следует также принимать во внимание достаточную разрешающую способность остальных участков системы и среды прослушивания, выносить на поверхность хотя бы некоторые из аспектов различного звучания кабелей). Очень, очень сложно диктовать абсолютные, уверенные и твердые правила, подходящие к каждой ситуации. Учитывая всю сложность взаимного влияния критериев качественного звучания как внутри, так и между компонентами в мониторинной цепи, можно сказать, что если Вы можете себе это позволить, и оно для Вас работает – используйте это! Очевидно, вышесказанное объ-

ясняет почему недостает согласия в мире профессионального аудио, где непреложные правила и предсказуемость результата имеют больший вес, чем в наполненном энтузиазмом мире hi-fi. Когда профессиональная инсталляция подходит к концу, уже практически не остается времени и ресурсов для глубокого исследования тонкостей субъективных системных нюансов.

Последний аспект темы состоит в том, что некоторые люди более восприимчивы к влиянию кабелей. Также хорошо известно, что все мы слышим по-разному, и у меня есть доклады об экспериментах в хорошо контролируемых условиях, где одни участники, имеющие устойчивую репутацию, не могли обнаружить различия, которые для других были очевидны и безошибочны. Если бы такие тесты проводились в группах, взаимное влияние мнений и синдром «нового платья короля» могли бы привести к соглашению даже тогда, когда его на самом деле нет. Говоря это, я все же понимаю, что некоторые люди различают образцы звуков намного лучше, нежели другие. Здесь мы опять сталкиваемся с человеческим фактором, обезоруживающим нас в попытках произвести объективный анализ происходящего.

## 19. Дополнения

Наши первоначальные выводы в последнее время стали поводом для проведения испытаний некоторых высокомошных, широкополосных систем с низким импедансом, представляющих собой «худший случай» нагрузки. Bi-wiring определенно работает. Я не вижу «подводных камней» в этой концепции.

**FLEXX DIVERSITY - три переключаемые частоты**

**DUAL - два приемника в одном корпусе**

**SINGLE - самая выгодная цена**

**AKG**

**приемники**

**передатчики**

**WMS 40 PRO**  
Богатство выбора

**Oslami**  
Самостоятельно: "Мир Музыки"  
Москва, Енисейский бульвар/10/18,  
Тел.: +7(495) 325 3032  
официальный дистрибутор AKG в России

**Мир Музыки**  
Самостоятельно: "Мир Музыки"  
Москва, Енисейский бульвар/10/18,  
Тел.: +7(495) 325 3032  
Магазины и интернет-сайт: www.oslami.ru

Мартин Колломс в статье для июльского номера журнала Hi-Fi News за 1986 год, посвященной теме bi-wiring, говорит, что по его мнению, bi-wiring с использованием обычного спикер-кабеля почти всегда дает системе более полное улучшение звучания, чем любая замена обычного кабеля на какие-нибудь более эзотерические варианты. Он также отмечает, что поскольку в системах, переделанных по принципу bi-wiring, использованы в основном не обычные медные кабели, а более «серьезные» типы, общее звучание улучшилось. Но при этом разница звучания при использовании обычных и дорогих кабелей заметна не так сильно, как без применения технологии bi-wiring. Я могу только полностью согласиться. Также хочу отметить статью Карла Брауна в журнале Sound Engineer and Producer за январь 1989 года, где еще раз доказываются преимущества этой идеи. Том Хидли в Швеции и Шозо Киношита в Японии провели независимые эксперименты над своей мониторинговой системой высокой мощности и пришли к заключению, что если длина кабеля составляет более полутора метров, bi-wiring дает заметное улучшение звучания системы. Эти выводы не были подкреплены какими-либо измерениями, но мы-то знаем, что не имеем на сегодняшний день аналитического оборудования, хотя бы приближающегося по своей разрешающей мощи к системе человеческого мозга и уха.

Недавно я получил факс от уважаемого производителя специализированных кабелей, в котором содержалось утверждение, что направленные свойства кабелей – это когда один специально помеченный конец нужно подключать только к усилителю, а второй – только к громкоговорителю. Это утверждение базировалось на теоретической концепции о скорости потока электронов. Они соглашались, что на коротких длинах различие в звучании будет незаметно, поменяй мы направление кабеля. И также подтвердили, что общий экран делается в кабелях именно для уменьшения влияния электромагнитной интерференции, которой свойственно нарушать работу усилителей. Там, где не обнаружено мощных электромагнитных полей, наличие или отсутствие экранировки кабеля на звуке практически не скажется. Однако они настаивают на том (и я полностью с ними согласен), что кабели производятся для профессионального использования (теми, кто поверил), где критерии качества работы системы гарантируются, даже если условия, в которых система установлена, далеки от идеальных. Однако это не означает, что, к примеру, экранированные кабели звучат лучше по определению. Они могут при определенных обстоятельствах, но не факт, что будут при любых обстоятельствах.

Подводя итог вышесказанному, советую: везде, где возможно, ограничивайте ширину полосы, в которой кабели снабжают ток своим нагрузкам – bi-wire, если возможно. Это, конечно, объясняет, почему мультисигнальные системы с электронными кроссоверами являются относительно устойчивыми к влиянию кабелей. Когда приходится широкополосные акустические системы с низким импедансом или с высоким динамическим потреблением тока запитывать от одной пары кабелей, делайте их как можно короче. Я понимаю, что для этого, возможно, потребуется отдельный усилитель возле акустической системы, и таким образом проблема перемещается в более длинные низкоуровневые сигнальные кабели, которые должны подсоединять усилитель к контрольной панели или к предусилителю, но это уже сигналы низкого уровня и это совсем другая история.

Мне все еще задают вопросы, требующие однозначного ответа, например: «Какой кабель лучше – одножильный или многожильный?» Я не могу сказать ни да, ни нет, поскольку

уже оговоренная нами специфика предполагает, что здесь мы имеем динамическую проблему. Динамические проблемы по своей природе отказываются стоять на месте, им не хочется оставаться на «нагретых местах», к которым мы стремимся их привязать. У кого-то моножильные кабели скрупулезно и тщательно изучены и протестированы и они доказали свое превосходство. Однако, к сожалению, такие испытания справедливы только в рамках специфических условий, в которых они проводились. Здесь возникают две проблемы. Во-первых, мы сталкиваемся с ошибочным силлогизмом: «у котов есть хвосты, и у Фидо есть хвост, значит, Фидо – это кот!» Нам следует любой ценой сопротивляться искушению уравнивать превосходство обычного кабеля на одной установке и обычное превосходство этого кабеля во всех возможных случаях.

Во-вторых, мы также видим параллели с синдромом «пяти слепцов и слона», в котором каждый слепец, прикасаясь к разным частям слона, с совершенной уверенностью констатирует, что это летучая мышь (ухо), стена (бок туловища), змея (хобот), дерево (нога). Суть в том, что восприятие «реальности» порой зависит от способа презентации. Тот факт, что многие из нас покупают различные типы акустических систем в пределах некоторого ценового диапазона, подразумевает, что каждый из нас воспринимает различные аспекты звучания в довольно уникальном и персональном порядке приоритетов. Если какую-то группу кабелей большее или меньшее число слушателей оценило как предпочтительную, эти предпочтения ни доказывают, ни опровергают их особое превосходство во всех остальных случаях.

Если при прослушивании одной особенной системы 85% слушателей склонны отдать предпочтение данному кабелю, тогда, я думаю, можно констатировать общественно признанное предпочтение. Но если бы мне позволили изменить какой-нибудь компонент в этой системе, пришлось бы повторять все тесты заново, чтобы установить некую новую цепочку предпочтений одних кабелей перед другими. Поскольку существуют разные усилители, которые выносят или не выносят определенное количество сопротивления, индуктивности или емкости в кабеле, то изменения в предпочтениях обязательно произойдут. А нестабильность параметров окружающей среды станет еще одним очагом беспокойства для «нагретых мест».

Общая культура коммутации должна принимать во внимание все переменные, а делать далеко идущие выводы – ошибочный путь. Бывают обстоятельства, при которых даже 17-метровый кусок телефонного кабеля при подводимой мощности 500 Вт, «улучшит» звучание уже и без того «плохой» системы, но поскольку «плохая» система находится вне рамок «высокой верности воспроизведения», то, я думаю, мы можем обобщить, сказав, что 7-метровый качественный кабель будет звучать в этой ситуации лучше. Однако мы не можем пойти намного дальше этого в нашем глобальном обобщении, и из-за этого настоящие выводы кажутся несколько длинноватыми. Любой другой подход, без сомнения, еще больше мутит воду в вопросе, который и без того слишком часто запутывается самими попытками превратить специфику в обобщения. Нравится нам это или нет, кабели для акустических систем – это очень сложная проблема. Если кто-то предлагает более мягкую формулировку, он служит плохую службу всем заинтересованным лицам.

*Редакция благодарит автора  
за любезно предоставленные материалы*