

В. Г. ДИНОВ

ЗВУКОВАЯ КАРТИНА

*Записки
о звукорежиссуре*

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Издание четвертое,
стереотипное



ПЛАНЕТА
МУЗЫКИ[®]
MUSIC
PLANET

• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •
• МОСКВА •
• КРАСНОДАР •

Динов В. Г.

- Д 46** Звуковая картина. Записки о звукорежиссуре: Учебное пособие. — 4-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань»; Издательство «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ», 2016. — 488 с.: ил. (+ вклейка, 2 с.). — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-1337-9 (Изд-во «Лань»)

ISBN 978-5-91938-054-2 (Изд-во «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ»)

Виктор Григорьевич Динов (1944) — известный мастер звукорежиссуры, долгие годы работающий на Петербургской студии грамзаписи, профессор кафедры звукорежиссуры Санкт-Петербургского государственного университета кино и телевидения. Фонографическому перу В. Динава принадлежат записи выдающихся артистов ленинградской эстрады, джазовых фестивалей, рок-опер, мюзиклов, академической музыки.

В книге «Звуковая картина» автор рассказывает не только о технике и технологии записи звука, но и о таких важных для звукорежиссера понятиях как композиция, колористика и стилистика фонографий.

Книга будет интересна студентам и педагогам специальных учебных заведений, звукорежиссерам и звукооператорам и всем интересующимся процессом звукозаписи.

ББК 32.871

Dinov V.G.

- Д 46** Audio picture. Notes about audio engineering: Textbook. — 4th edition, stereotyped — Saint-Petersburg: Publishing house “Lan”, publishing house “THE PLANET OF MUSIC”, 2016. — 488 pages: illustrated (+ inset., 2 pages). — (University textbooks. Specialist literature).

Victor Grigoryevich Dinov (1944) is a famous master of audio engineering, working at Saint-Petersburg sound recording studio for many years. He is a professor at the academic department of audio engineering in Saint-Petersburg state university of cinema and television. The audio recordings of outstanding Leningrad variety actors, jazz festivals, rock-operas, musicals, academic music belong to the phonographic pen of V. Dinov.

In the book “Audio picture” the author tells not only about the engineering and technology of recording a sound, but also about such important for a sound engineer notions as composition, colouristics and stylistics of phonography.

The book is going to be interesting for the students and teachers of colleges and academies, sound engineers and sound directors, and everybody who is interested in the process of sound record.

© Издательство «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ», 2016

© В. Г. Динов, 2016

© Издательство «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ»,
художественное оформление, 2016

Более века прошло с той поры, когда человечество получило возможность записывать и воспроизводить звук. За этот период был пройден путь от научно-технического открытия, почти иллюзиона, до высокого искусства звукозаписи. Совершенствовалась техника, с помощью которой работа звукорежиссёра становилась всё более впечатляющей. Особенно это стало заметно в последние десятилетия, в связи с переходом от аналоговой записи звука к цифровой.

Понятно, что человек, ведущий сегодня звукозапись, должен обладать большим комплексом знаний, как в области техники, так и в различных искусствах — литературе, живописи, музыке, фотографии, кино. И совершенно естественно, что чем шире эти знания, тем выше результат творчества.

В предлагаемой Вам книге речь идёт не столько о технике и технологии записи звука, сколько о таких важнейших для звукорежиссёра понятиях, как композиция, колористика и стилистика фонографий (от греч. *phōnē* — звук и *graphō* — пишу). Творческий процесс создания звуковой картины приобретает в этих аспектах новые грани, о которых, вполне возможно, многие звукорежиссёры прежде и не предполагали, или, в лучшем случае, только ощущали их. Несомненно, что не просто чтение, а изучение изложенного материала, поможет усилить творческий потенциал, как новичков, так и профессионалов звукозаписи.

Следует отметить, что появление книги с таким содержанием долго не осуществлялось из-за отсутствия в рядах звукорежиссёров автора, в котором бы совместились в равной степени столь объёмные знания музыки, фотоискусства и техники.

Надеюсь, что концепции автора будут понятны читателю. Пусть знания, полученные из книги «Звуковая картина», помогут обогатить Ваш опыт. И, окрашенные талантом и интуицией, послужат творческому росту!

*Заслуженный работник культуры России,
звукорежиссёр высшей категории*
С. Г. ШУГАЛЬ

Содержание книги Виктора Динова «ЗВУКОВАЯ КАРТИНА» охватывает большой диапазон тем, непосредственно связанных с работой звукорежиссёра. Автор, профессионал высокого класса, музыкант и звукорежиссёр с огромным опытом работы, особенно в области записи музыки, тщательно отобрал материал в свою книгу, насытил её примерами из собственной богатой практики.

Поскольку автор занимается также и педагогической работой по подготовке молодых звукорежиссёров, он, в первую очередь, адресует данную книгу студентам, будущим коллегам, что, конечно, сказывается на её настроении, языке, манере подачи материала.

Представляется особенно правильным то, что автор не навязывает никому своих взглядов и методов работы, а лишь слегка подталкивает, давая возможность читателям пройти тот путь рассуждений, который указывает им мастер.

Мне кажется, что подобных книг, связанных со звукорежиссурой, в отечественной литературе ещё не было, и это существенно повышает ценность данной работы.

Считаю, что книгу «Звуковая картина» необходимо рекомендовать в качестве учебного пособия по подготовке звукорежиссёров.

*Декан факультета экранных искусств
Санкт-Петербургского государственного
университета кино и телевидения,
заслуженный работник культуры России, профессор*
К. Г. ЕРШОВ

Трудно представить себе человека, более чем я неподходящего для рецензирования книги профессора Динова В. Г.

При определении жанровой принадлежности данной работы Виктора Григорьевича ответ, казалось бы, напрашивался сам собой — это учебно-методологическое пособие, посвящённое способам звукопередачи.

Но, прочитав с большим интересом «Звуковую картину», я остро осознал всю сложность своего положения. Если считать её сугубо техническим пособием, то и рецензия требует конкретной технической формы типа: «...представлена рукопись такого-то объёма, с таким-то количеством иллюстраций, состоящая из таких-то разделов...» и т. д., и т. п.

Я убеждён, что не сумею выдержать формально объективный тон технической рецензии, зная Динова почти 40 лет, — с тех дней, когда он был просто «Витя» (и я счастлив, что мне даровано право обращаться к нему так и сегодня), и ныне, когда он стал мастером курса звукорежиссуры, профессором, Заслуженным работником культуры России. За страницами этой рукописи я вижу её автора, слышу его голос, узнаю манеру выражать мысли.

Виктор Григорьевич — блистательный звукорежиссёр, поражающий глубиной профессиональных знаний, прекрасный музыкант, один из лучших, на мой взгляд, звукорежиссёров Санкт-Петербурга по записи музыки, педагог, создавший свою школу.

Кроме этого, он — настоящий Инженер. В современной звукорежиссуре это чрезвычайно важно. Современная техника с её богатыми возможностями предоставляет звукорежиссёру подлинный простор в творчестве, это — палитра звукорежиссёра.

Чего греха таить, как часто ещё приходится встречаться с иными коллегами, не просто не знающими техники, но и кичащимися своей технической безграмотностью, полагая, что в этом-то и содержится тайный признак творческой респектабельности. А технические знания — это, мол, нечто низменное, недостойное, из разряда «дурного тона». Действительно, зачем Митрофанушке знать географию, если извозчик и так довезёт куда надо? Зачем звукорежиссёру знать технику, когда рядом с ним находится тон-инженер? Увы, такие, с позволения сказать, «специалисты» ещё есть. Другое дело, что их время безвозвратно уходит.

Сегодняшний звукорежиссёр записи музыки — это профессионал — музыкант-инженер. Именно такому специалисту адресует свою книгу Виктор Динов, и, убеждён, она сделается для коллег настольной книгой.

*Заслуженный работник культуры России,
заведующий кафедрой звукорежиссуры
Санкт-Петербургского государственного университета
кино и телевидения, профессор*
Г. Я. ФРАНК

Монография В. Г. Динова «ЗВУКОВАЯ КАРТИНА» отражает профессиональную и педагогическую методологию автора. Звукорежиссёр с более чем тридцатипятилетним стажем, воспитавший не

один десятков учеников, опубликовал книгу, содержащую своеобразные, порой уникальные взгляды на художественную звукопередачу.

Пусть не всё в этой книге бесспорно, пусть она не следует каким-либо стандартам, но «ЗВУКОВАЯ КАРТИНА» Виктора Динова является богатым дополнением к существующей литературе по различным предметам, имеющим тесное отношение к звукорежиссуре.

Очень ценными представляются описанные автором связи между естественными различными явлениями и, соответственно, между искусствами различных видов, в частности, изобразительными и звуковыми.

Стиль изложения, язык автора и минимум сведений формально-математического толка делают книгу доступной студентам с предшествующим гуманитарным образованием, поэтому она, несмотря на отсутствие в ней готовой профессиональной «рецептуры», может рассматриваться как хороший учебник по музыкальной звукорежиссуре.

*Заведующий кафедрой режиссуры мультимедиа
Санкт-Петербургского гуманитарного университета
профсоюзов, профессор*
В. Д. СОШНИКОВ

Посвящается моему другу и коллеге —
Леониду ШУМЯЧЕРУ

ОТ АВТОРА

Эта книга не является регламентированным учебником по звукозаписи и звукорежиссуре, хотя студенты, обучающиеся нашей профессии на отделении звукорежиссуры факультета экранных искусств Санкт-Петербургского университета кино и телевидения, и на кафедре звукорежиссуры Гуманитарного университета профсоюзов, с успехом пользуются составленными на основе книги учебными пособиями.

Эта книга не является справочником, базирующимся на личном, пусть и богатом, опыте автора. Приобретавшийся в конкретных условиях аппаратно-студийных комплексов Петербургской студии грамзаписи, в работе с артистами, из которых, увы, «иных уж нет, а те далече...», этот опыт не может являть универсальную рецептуру, ибо есть риск подставить под удар профессиональные начинания молодых коллег, действующих в отличающихся обстоятельствах.

Пожалуй, книга обращена к тем, кто посвятил себя нашему делу, получив хотя бы начальное профессиональное образование. Надеюсь, такой читатель будет относиться к написанному с искренним и непрагматическим любопытством, чувствуя себя во многом на равных с автором. А последнее как раз входит в задачу, ибо книга эта — всего лишь сборник методов: методов вникания в профессию, методов анализа фонографий, методов построения звуковых картин.

Именно знакомство со звукорежиссёрской методикой автора я предлагаю моим коллегам.

Занимаясь музыкальной звукорежиссурой более 35 лет, я, естественно, не мог избежать в книге регулярного апеллирования к вопросам, связанным преимущественно с музыкальными звуковыми объектами, музыкальными жанрами и музыкальной звукописью.

Постоянное общение со студентами, имеющими в прошлом исключительно гуманитарную, музыкальную подготовку, воспитало у меня привычку объяснять чисто технические вопросы не

формальными, а образными, порой примитивными, методами. Думаю, это не оскорбит читателей, имеющих достаточное техническое образование.

Второе издание книги «Звуковая картина» дополнено главой, связанной с многоканальными системами звукопередачи. Также расширена глава «Фоноколористика», в соответствующей части которой более подробно рассматриваются современные способы специфической обработки звука.

В этой редакции читатель познакомится с методикой реставрации архивных записей, чья несомненная художественная ценность требует переиздания на современных звуконосителях.

Надеюсь, что прочтение этой книги хоть в малой степени будет способствовать профессиональному углублению моих коллег и студентов.

Обращаюсь с благодарностью к рецензентам, справедливые замечания которых учтены при окончательном редактировании рукописей.

Виктор Динов

ВСТУПЛЕНИЕ

Наверное, многие, интересующиеся тем, что такое фонография, звуковая картина, думают, что она — исключительно функция литературного, драматургического или музыкального произведения и соответствующего исполнительского творчества. Действительно, именно звуковые искусства устных либо филармонических жанров рождали желание увековечить их в акустическом качестве, и дали толчок появлению и неслыханно бурному развитию техники, технологии и искусства звукозаписи. Немногим более века понадобилось, чтобы пройти путь от первого фонографа Эдисона (1877 г.) до современных профессиональных цифровых систем многоканальной передачи. Еще быстрее эволюционировала эстетика фонографии — от ранних звуковых портретов до электроакустических картин, заслуживших глубокое признание тонких ценителей так называемого «искусства для слепых».

Развитие фонографии на всех этапах было связано со взлетами и кризисами современного ей авторского или исполнительского творчества. Особенно отчетливо это наблюдалось в музыкальной и музыкально-драматической фонографии. Появление выдающихся сочинений, возникновение новых жанров и стилей исполнения, рождение новых артистических коллективов, практически, всегда сопровождалось созданием ярких звуковых картин в радиозаписи, на грампластинке или компакт-диске. И наоборот, застои в музыкальном творчестве были причиной серых будней звукозаписывающих студий, когда унылые фонограммы отражали суету безликих музоделов, разнящихся в своем ремесле разве что поименованиями.

В такие периоды, дабы не было худа без добра, мастера фонографии — звукорежиссёры пытались совершенствовать свою палитру, исследуя формальные стороны звуковых картин, находя новые эстетические методы фонокомпозиционных построений, осваивая технику их реализации и нетрадиционные способы обработки звуковых сигналов. До известной степени это приносило свои плоды.

Но одухотворенность не возникает на пустом месте. Высокое мастерство оттачивалось, когда новые озарения талантливых авторов или исполнителей давали новый импульс творческому проявлению, и лишь тогда возникала очередная фонография, не просто пополнявшая коллекции филофонистов, но вновь и вновь утверждавшая искусство художественной звукозаписи.

Вот тут и возникает вопрос: а не являются ли фонография и, соответственно, звукорежиссура, какими-то придатками иных искусств, если они — функции неких первородных аргументов?

Попробуем ответить на этот вопрос на примере музыкального сочинительства, исполнительства и музыкальной фонографии.

Композитором написана инструментальная или хоровая партитура, где авторская идея представлена в виде мелодических и гармонических движений, регистрово — тембральных распределений, темповых и динамических указаний, предписаний штрихов, фразировки, и пр. Известно, что нотный текст — это изложение мысли на языке, вполне понятном музыкальному читателю. Последний может прочесть партитуру внутренним слухом, сыграть на фортепиано или просольфеджировать фрагменты отдельных партий, то есть изучить материал, познав, по преимуществу, его формальную сторону. Впрочем, музыкальная фантазия читателя может и «озвучить» всю партитуру в его воображении. Но этого недостаточно. И вот появляются дирижер, исполнительский коллектив, и сочинение обретает реальное звучание в концертном зале. Таких этапов в биографии одного музыкального произведения может быть несколько, теоретически — бесконечное количество, и каждый конгломерат артистов — исполнителей, несомненно, передает слушателям свои ощущения материала, несмотря даже на строгие авторские ремарки.

Казалось бы, на стадии исполнения процесс движения идеи от автора к слушателю можно считать завершенным. И полагать при этом, что если возникает необходимость звуковой записи музыкального сочинения, то таковая должна явить собою некий акустический протокол, функциональный уже в смысле строгой физической связи с аргументом. Вполне — де достаточно образных абстракций, представляемых самим музыкальным материалом и исполнением, а фонография, точнее, пока только фонограмма — всего лишь застывший памятник чьему-то творчеству, и ничто не должно отвлекать внимание слушателя от музицирования.

Действительно, долгое время существовал подобный взгляд на роль звукозаписи. Несовершенство ранних систем звукопередачи, искажения и шумы — все это на самом деле больше отвлекало, чем могло привлекать и способствовать слушательскому восприятию, не говоря уже о том, что не было ни средств, ни опыта позитивного качественного изменения звучания отдельных голосов либо характера общей акустики.

Давно было замечено, что исполнение музыкального произведения, к примеру, одним и тем же оркестром под управлением одного и того же дирижера в разных филармонических залах оставляло у одних и тех же слушателей разные впечатления, в первую очередь, по причинам чисто акустического характера. Звучание, как известно, различно даже в разных местах одного и того же зала, но всякий раз оно отнюдь не лишено определенного эстетического смысла.

И вот возник вопрос: а нельзя ли развить и употребить возможности звукопередачи для намеренного изменения тембров, укрупнения отдельных голосов, создания звуковых пространств, не имеющих аналогий в мире натуральной акустики? Иными словами, можно ли «рисовать звуком»? Разумеется, не самоцельно, а с тем, чтобы звуковое сочинение проявило новые грани своего акустического существа, недоступные привычному музицированию в естественных условиях.

Начались активные поиски путей развития *художественной звукозаписи, фонографии*, именно в этом направлении, при молчаливом согласии музыкантов. Успехи вызывали сдержанные одобрения, так как преодолевать приходилось не только технические несовершенства, но и инерцию мышления, недостаток должной культуры восприятия фонографии. А неудачи звукорежиссёров окрыляли апологетов функциональной звукопередачи, убежденных, что тот, кто записывает звук, обязан создать у слушателя ощущение «истинного» звучания в реальной обстановке. Появились даже формальные предписания на языке развивающейся электроакустики: если считать звуковое поле, создаваемое исполнителями, первичным, а поле громкоговорителей — вторичным, то «звукопередача должна переносить во вторичное помещение картину первичного звукового поля». При этом, якобы, слушатель, будучи дома, получает возможность оценить мастерство исполнения музыкального или драматического произведения,

иллюзорно присутствуя в концертном зале, театре или речевой студии.

Иллюзия! Ее создание, очевидно, возможно, особенно при современных многоканальных электроакустических средствах. Но ведь нельзя забывать о том, что при восприятии звукозаписи у слушателя работает не только слуховой анализатор в чистом виде. Психоакустические исследования показывают, что ассоциативное восприятие человеком звука, как, впрочем, любой внешней информации, обязано своей сутью психофизиологии индивида, его общей культуре, состоянию, настроению и т.п. Возможно ли при этом создание звукорежиссёром «абсолютного эффекта присутствия»? И надо ли говорить о том, что даже самая совершенная электроакустическая техника вносит в передачу искажения, пусть даже ничтожные?

А само по себе сознание того, что рядом работает звуковоспроизводящая аппаратура, — разве не может оно напрочь уничтожить все старания по созданию «первичного звукового поля» в жилой комнате?

Подобные рассуждения вдохновляли на дальнейшие поиски, приведшие сегодня к доминирующему взгляду на вопрос о звукорежиссёрской деятельности, основу которой составляет его активное вмешательство в звуковую композицию. Это вовсе не означает, что он подменяет собою, скажем, дирижера. Просто его творческий актив входит равноправным звеном в художественную цепь, простирающуюся от автора до слушателя. И пусть кому-то это покажется претенциозным, но фонография с ее выразительными средствами, использованными сообразно режиссёрской концепции, в каком-то смысле является для слушателя звукозаписи последней субстанцией.

Но, как ни странно, сегодня можно еще услышать возмущенно-скептические возгласы: «Разве звукорежиссура концептуальна?»

Что ж, попробуем разобраться в этом вопросе на уровне самой элементарной логики. Ведь концепция — это, прежде всего, способ понимания чего-либо, и недоумевать по поводу концептуальности фонографии — значит просто лишать звукорежиссёра права на осмысление записываемого материала.

Звукорежиссёрскую концепцию нужно толковать и как принцип, лежащий в основе создания звукового полотна, так сказать, фонографического конструирования. Не признавать концепцию

в этом смысле — значит запретить существование не только художественной, но и вообще рукотворной звукозаписи. А это ведь абсурдно, ибо даже если рассматривать запись звука как чисто технический процесс, то все равно совокупность тех или иных электроакустических средств приведет к спонтанной фонокомпозиции, являющейся, в лучшем случае, странным намёком на упоминавшееся «первичное звуковое поле».

Можно предположить, что авторы или артисты опасаются привнесения звукорежиссёром какой-то скрытой от непосвященных ушей идеи, противоречащей их мысли. Но это уже от лукавого, ибо человек, одержимый подобной боязнью, либо действительно неспособен «читать» фонографию, различая в ней только тихое и громкое, и не улавливая, что же кроется за всеми этими «пространствами», «реверберациями», «низкими», «высокими», специфическим тембром, и пр., и пр., и пр., либо он не находит возможности оппонировать звукорежиссёру опять-таки в силу ограниченности своих познаний и аргументаций.

Характерно, что описанная проблема стала актуальной в России перестроечного периода. Причин тому, в основном, две. С одной стороны, волна экспансии массовой музыкальной субкультуры внесла в стены студий огромное количество авторов и исполнителей, в большинстве своём не имеющих достаточной эстетической, да и вообще гуманитарной подготовленности; не будучи профессионалами и художниками в своём деле, эти люди и в других не могли сознавать наличие такого качества, как профессионализм, а творческие инициативы звукорежиссёров больно ударили по самолюбию. С другой стороны, большое количество новых мелких предприятий звукозаписи привлекло к работе в качестве звукорежиссёров бывших технических сотрудников или несостоявшихся музыкантов, не получивших специального звукорежиссёрского образования. Ясно, что при таких обстоятельствах рабочий студийный альянс маловероятен. Вот и получилось блуждание в потемках в сопровождении обслуживающего персонала. Какая уж тут концептуальность и фонография, дай Бог концы с концами свести, а попросту говоря, чтобы всё в записи было слышно, и звук — «как у людей»(!?)

Но профессиональные авторы и артисты, обладающие способностью тонко чувствовать, понимают, что в искусстве необходимо осмыслить себя «со стороны», а не просто познать плод

своего творчества с собственной точки зрения. Для этой цели человек — недостаточный судья самому себе. Поэтому даже самому крупному художнику нужен режиссёр, мастер, чье мнение в ряду оценок авторской или исполнительской деятельности может оказаться главным, и если есть взаимопонимание, это мнение ляжет в основу совместного творчества.

Кроме того, режиссёр — всегда переводчик с языка материала на язык того искусства, которым он владеет. В нашем случае — на язык фонографии.

К счастью, в последние годы XX столетия многие композиторы, в том числе и самодеятельные, стали анализировать звуковые полотна, представленные на компакт-дисках записями самых разных жанров. У них появился интерес к возможностям звукоизложения, к способам электроакустической реализации тех или иных авторских идей. Стала, наконец, выкристаллизовываться мысль, что один и тот же звуковой материал, даже при использовании акустических музыкальных инструментов, может явить множество различных образов, в зависимости от вида и количества специфических обработок, применяемых звукорежиссёром. Возникли музыкальные сочинения, специально созданные с учётом этих возможностей.

Что уж говорить о композициях, использующих всякого рода синтезированные звучания! В авторстве таких произведений бывает трудно провести грань между музыкальным сочинительством и звукорежиссурой. Здесь управление природой звукообразования, что раньше было недоступно традиционной звукорежиссуре, становится прерогативой композитора. Ясно, насколько теперь важным оказывается его творческий союз с профессиональным звукорежиссёром, могущим вносить в такое «электромузыкальное» сочинение творческие коррективы, касающиеся фонографических мизансцен, деталей темброво-спектральной композиции, да и каких-то объективных, технических параметров звукопередачи.

Замечательный пример — творчество выдающегося русского композитора Эдуарда Артемьева в содружестве со звукорежиссёром фирмы «Мелодия» Юрием Богдановым.

Огромная ответственность лежит на звукорежиссёре, коль скоро акустическая публикация — дело его души, мозга и рук. Им применяется целый ряд акустических и электроакустических

средств, производящих на слушателя различные впечатления. Хорошо, если эти впечатления соответствуют образному и эмоциональному строю записываемого музыкального или драматического сочинения. Превосходно, если они, контрапунктируя, открывают новые звуковые качества. Однако впечатления будут весьма странными, если действия звукорежиссёра необдуманно, случайны. Вот тогда-то его работа и вызовет активное и справедливое возражение со стороны тех, кто веряет ему свое искусство — авторов и артистов.

Да и слушателей тоже. Замечательно сказала Фаина Раневская: «Плохая запись, как и плохо сыгранная роль — это плевок в вечность»!

Как же делается «перевод на язык фонографии»? В тривиальном смысле следующим образом: звукорежиссёр придумывает «легенду», адекватную материалу в образном смысле, персонифицируя при этом партитурные голоса, проектируя некий спектакль фонографических образов. Эта «легенда» впоследствии станет, так сказать, вербальной основой фонокомпозиционных построений, она укажет на необходимость применения тех или иных средств.

Разумеется, она не совсем абстрактна, она пронизана идеей звукового материала, идеей, рождённой в мыслях или ощущениях автора фонографии, пусть даже с формальной точки зрения отсутствуют аналогии между традиционными, привычными слушателю тембрами, акустической конструкцией и тем, что получится в записи.

Создание такой легенды, иначе говоря, предпосылки — является, пожалуй, наиболее творческой фазой в работе звукорежиссёра, да и вообще, наверное, любого художника. Здесь происходит рождение образной версии, возникновение предполагаемых ощущений — зрительных и слуховых. Развивается воображение; оно-то и подсказывает последовательность действий после того, как предпосылка принята в своей убедительности, и воображением же опробована. Но если что-то «не сходится», то пробуются иные версии, и так до тех пор, пока звукорежиссёр не ощутит трепетную радость находки.

Вряд ли удастся изложить окружающим свои фонографические замыслы простыми словами. Звукорежиссёрское искусство

сродни музыкальному в том смысле, что несет в себе некую тайну, которую невозможно облечь в литературную или разговорную форму. Тайну эту сможет познать любой слушающий, но только пусть вначале фонография предстанет перед ним чем-то заслуживающим разгадки, пусть заинтригует, прежде чем будет понята.

Слушатель, как и зритель, всегда благодарен художнику за то, что его искусство и в нем пробуждает воображение.

Развивать фантазию, тренировать восприимчивость и воображение, так же, как слух, память и звукозрение, то есть способность «видеть ушами», — все это составляет основу эстетической самоподготовки будущего звукорежиссёра. Эти же качества надо упражнять ежедневно, сколь бы велик ни был опыт мастера. Разумеется, излишне говорить о том, что для творчества нужен талант, ощущение «дара Божьего», влечение и убежденность в том, что это дело — твое.

Несомненно и то, что звукорежиссёр, посвящающий себя записи музыки, обязан быть музыкально образован. Ценз этого образования, по меньшей мере, должен соответствовать тем стилям и жанрам музыкального искусства, с которыми ему придется иметь дело.

Музыкальное образование предполагает наличие музыкального слуха. Мастера музыкальной звукорежиссуры обладают, как правило, абсолютным или высокоразвитым интервальным (гармоническим) слухом.

Но одни лишь природные способности не могут обусловить полноценную звукорежиссёрскую деятельность. Нужно владеть всеми техническими средствами, находящимися на службе у фонографии. Для этого необходимо осваивать такие науки, как акустика во всех ее аспектах (физическая, архитектурная, музыкальная, психофизиологическая, электрическая). Звукорежиссёр должен постичь способы фонокомпозиционных построений и идеи различных технологий, усвоить принципиальную разницу между субъективным восприятием звука и объективной реакцией микрофона на звуковую волну.

И во всем этом нужно знать, в первую очередь, **принципиальные основы**. Бессмысленно сразу стремиться к пользованию конкретной аппаратурой или конкретным программным обеспечением персонального компьютера, конкретными акустическими условиями, как и вооружаться раз и навсегда только знаниями индивидуальных свойств конкретных музыкальных инструментов.

К сожалению, сегодня в большом ряду коллег встречаются работники, не обременённые вообще никаким специальным образованием. Набравшись поверхностного ремесленного опыта, делая звукозаписи, удовлетворяющие невзыскательных клиентов, эти люди убеждены в никчемности, а подчас и вовсе во вреде профессионального обучения. При этом, в лучшем случае, их аргументации строятся на боязни подчиниться каким-то архаичным традициям, и тем самым, якобы, препятствовать проявлению индивидуальных способностей.

Пожалуй, вряд ли можно возразить этому лучше, чем словами К. М. Вебера: «Как безрассудно думать, что серьёзное изучение средств выражения способно парализовать дух! Только из господства над ними исходит свободная сила, творческое начало. Только пройдя и освоив все проторённые пути, дух может найти новые».

Сделайте у себя в любительской студии десяток записей подобных по составу и репертуару «групп» — это прекрасно, но само по себе такое умение на фонографическом поприще ничтожно. Важно другое: готовность звукорежиссёра как мастера в любое время выполнить приказ, продиктованный собственной мыслью или идеей студийных соратников. Для этого необходимо хорошо ориентироваться во всём, что связано с профессией.

Часто работа требует большего, чем знание перечисленных наук и обыкновенное музицирование. Поэтому невозможно на этих вещах закрывать границы своих познаний. Постоянное совершенствование означает постоянный выход за рамки вчерашней осведомленности. Образованного профессионала от дилетанта отличает не только количество полученных знаний, но скорее их широта, а также способность специалиста экстраполировать в область своей профессии самые различные сведения, приобретённые в процессе высшего образования.

Иногда молодые звукорежиссёры слушают работы крупных мастеров с утилитарной целью: позаимствовать у них какие-либо фонографические приемы. Это не вполне справедливо. Учиться нужно на своем опыте. Сказанное не означает, что надо вариться в собственном соку, то есть консервироваться. Получив образование, начав работать, звукорежиссёр, продолжая совершенствовать владение своей палитрой, наращивает опыт в процессе осмысления своих собственных творческих успехов и своих собственных неудач. *И если на страницах этой книги читатель увидит*

какие-нибудь правила, рекомендации, то к ним следует относиться лишь как к авторскому руководству собственным разумом, как к педагогическому методу, и пусть каждый решает сам, следовать ему этим правилам, или нет.

Только такой опыт будет не мертвым накоплением чужих приобретений, а вместилищем собственной профессиональной жизни и отражением собственного лица.

Каждый художник выбирает тот вид творчества, в котором ему легче всего передать свое мироощущение. Для звукорежиссёра это — фонография, — особый вид *организации* звукового материала, благодаря которой слушатель выходит за пределы пассивного наслаждения отдельными элементами электроакустической передачи, пусть даже сами по себе они ласкают ухо, и доставляют удовольствие. Звуковая картина — результат превращения физических событий в творческий процесс, как для её создателя, так и для её слушателя. Художник-звукорежиссёр не просто излагает в фонограмме различные музыкальные или речевые голоса, — он строит *звуковые изображения*, активизирующие в подсознании, а затем — и в сознании слушателя дополнительную умственную и эстетическую деятельность. И открывается вторая музыка — подобная музыке стиха, музыке скульптуры и живописи.

Без этого звукопередача будет мёртвой и никчемной, как голый технический акт, как рациональный ум, не озарённый интуицией.

Звуковые мизансцены, звуковая перспектива, многоплановое звуковое изображение, панорамирование звука в стереофонии или трёхмерном электроакустическом пространстве — всё это, вкупе с фоноколористикой, с многочисленными тембральными красками, доступными только электроакустической передаче, делают звуковую картину не просто чем-то слышимым, но и *зримым*. Владение такими художественными средствами сообразно драматургической идее и составляет основу профессии, имя которой — **ЗВУКОРЕЖИССУРА**.

Имеющий уши да увидит!

Глава 1.

ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКИЕ И ЗРИТЕЛЬНО-СЛУХОВЫЕ АНАЛОГИИ

На страницах этой книги регулярно встречаются рассуждения о звуковом изображении. Принципы, лежащие в основе построения звуковых *картин*, звуковая *перспектива*, микрофонное *видение* звуковых объектов и т. п. образовали методологическую систему, которую автор исповедует в своём творчестве. Неспроста так близки выражения «фонография» и «фотография».

Слепые видят ушами. Видят настолько, что воспринимаемое их обострённым слухом — не просто квазизрительная информация, а тонкое специфическое достояние, которое зрячим бывает дано лишь как художественное видение.

Опыт звукорежиссуры второй половины XX века, анализ фонографий крупных звуковых форм убеждает в том, что электроакустические средства могут использоваться для создания зрелищ, способных восприниматься «без глаз». Ибо наша биологическая и психофизическая природа при малейшей необходимости обращает слух в зрение: в жизни даже зрячего человека любая невозможность видеть моментально активизирует слух, преодолевающий многие препятствия, и с лихвой (какие при этом рождаются фантазии!) восполняющий незримое.

А ведь звучащее из громкоговорителей как раз постоянно провоцирует эту слухозрительную активность, и, по мнению автора, возможность пробудить у слушателя желание *видеть* напрашивается сама собой. Важно только научиться управлять этим «акустическим зрением», переключать внимание, расставлять акценты, одним словом, делать не фонограмму, а фонографию.

И даже обыкновенная трансляция из филармонического зала даст слушателю гораздо больше ощущений сиюминутности, эффекта присутствия, если «*нарисованное*» звукорежиссёром будет на равных с необходимой передачей всех звучащих голосов.

Конечно, создание звукозрелищ — далеко не единственный путь, тем более не самоцель. Но это один из эффективных **методов** звукорежиссуры, и как подтверждает практика, фонографические

картины вовсе не мешают восприятию чисто звукового материала, поэтому их существование не вызывает возражений ни у создателей музыкальных или драматургических произведений, ни у слушателей. Особенно, если изобразительная концепция органично вплетена в ткань звуковых мыслей, то подтверждая их, то сочетаясь с ними контрапунктным образом.

В главе **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»** говорится о том, что любая запись звука, даже с непродуманной расстановкой микрофонов, даёт спонтанное звуковое изображение. Так не лучше ли организовывать его в строгом соответствии с авторской идеей?

Звукоизобразительная методология в моей практике формировалась на трёх составляющих — изучении физических аналогий между оптическими и акустическими явлениями, сравнительном анализе психофизиологического восприятия звука и изображения, и на художественном исследовании аналогий картин, созданных кистью (или фотографическим объективом) и стереофонической (а сегодня — и квадрофонической, трёхмерной) электроакустикой. Вниманию читателя предлагается рассмотрение оптико-акустических и звуко-зрительных аналогий в границах их практического смысла.

§ 1-1. Сравнение оптических и акустических явлений

Начальные курсы физики более подробно рассматривают оптические процессы, нежели акустические, и последние легче понять на световых или изобразительных примерах. Оптические явления визуализированы, поэтому удобнее наблюдаются, воспринимаются и поддаются анализу, чем явления акустические.

Нет необходимости вдаваться в количественные подробности приводимых аналогий и рассматривать каждый феномен в мельчайших подробностях — предполагается, что читатель ещё со школьной скамьи знаком с предметами, о которых пойдёт речь.

Согласно теории И. Ньютона, источник света даёт поток светящихся частиц — корпускул.

Источник звука, по Д. Рэлею, вызывает колебания частиц окружающей среды.

И свет, и звук распространяются, как **волны**: световые или звуковые потоки, порождённые разными источниками, при пересечении не мешают друг другу. Каждая точка пространства, которую настигла волна, становится сама источником излучения света или звука. При распространении волн их энергия постепенно уменьшается, поглощаясь окружающей средой.

Рассматривая распространение волн, мы говорим о так называемом их **фронте** или волновой поверхности, все точки которой колеблются абсолютно согласованно. Формы фронта звуковых волн бывают сферическими, плоскими, комбинированными (например, цилиндрическими). Фронт световой волны, преимущественно, сферический. Конкретное направление распространения называется **лучом** (световым или звуковым). В нём концентрируется максимальная энергия излучения. Подобным образом можно провести аналогию между рассеянным светом и диффузным звуком, когда соответствующие источники достаточно удалены от наблюдателя (слушателя), или действие направленного излучения ослаблено какими-нибудь преградами.

Согласно физике, точечный источник света, излучающий сферическую волну, является ненаправленным; также ненаправленным оказывается точечный источник звука. Созданная из большого числа прожекторов освещающая площадка создаёт плоскую, направленную волну. Аналогично, плоскую звуковую волну излучает акустический источник больших размеров. Надо заметить, что актуальным здесь, в особенности для звука, является **соотношение размеров излучателя и длины волны излучения**.

Так называемые монохроматические источники света имеют строго одну **длину волны**. Им аналогичны однотонные акустические сигналы, источником которых может быть, к примеру, камертон.

Но ни звук, ни свет, на практике не являются монохроматическими, а представляют спектры волн различной длины. В оптическом случае это соответствует излучениям смешанных цветов (в видимой области — красного, оранжевого, жёлтого, зелёного, голубого, синего и фиолетового). В акустике наблюдаются смешанные звуки разных высотных регистров, а по объективному

определению — суммы звуковых колебаний с разными частотами, амплитудами и начальными фазами.

При сложном спектральном составе низкочастотные составляющие, длина которых превышает размеры источника, рождают сферическую волну, тогда как высокочастотные компоненты могут создавать плоскую волну.

Более короткие звуковые волны сильнее поглощаются средой распространения, чем длинные. Синий свет быстрее теряется (рассеивается), чем красный.

Волновая природа света и звука являет много взаимоподобных физических эффектов.

Всем известен ещё со школьной скамьи **закон отражения** света, вполне применимый и к акустике: угол падения волны по отношению к перпендикуляру, восстановленному из отражающей поверхности в точке падения, равен углу отражения. Криволинейные отражающие поверхности, как в оптике, так и в акустике, применяются для рассеивания или фокусировки волн.

Интерференция световых волн проявляется при сложении пар когерентных сигналов в различных фазах, что приводит к образованию чередующихся тёмных и светлых участков. Интерференция в звуке подобна оптической; в результате, в закрытых помещениях могут образовываться специфические стоячие волны с чередованием участков большого и малого звукового давления.

При сложении реальных звуковых волн может наблюдаться интерференция, относящаяся к отдельным частотным составляющим, если в двух сложных по спектру сигналах имеется пара одинаковых по частоте компонент.

Вблизи отражающей поверхности интерференция приводит к увеличению звукового давления из-за совпадения фаз падающей и отражённой волн, что используется в технике специфического микрофонного приёма (так называемый PZM способ).

Дифракция волн — их способность огибать малые препятствия на пути распространения, в акустике становится ощутимо разнообразной: при неизменных размерах преграды длинные волны больше способны к дифракции, чем короткие, для которых за преградой создаётся так называемая «акустическая тень» (почти оптический термин, не правда ли?). Всем знакомо звучание орке-

стра на соседней улице, когда наиболее отчётливо слышатся звуки большого барабана и тубы.

Дифракция звука, как и дифракция света, наблюдается также при прохождении волн через маленькое отверстие в огромной преграде: в обоих случаях возникает заметная окраска (тембральная или оптическая).

Дисперсия звука не так очевидна, как дисперсия света, визуально разложенного в радугу при прохождении через границы сред с различным преломлением. Дело в том, что в природе не существует условий, в которых наш слух наблюдал бы такое акустическое явление. Однако косвенная ситуация возможна: представьте себе отражающую площадку небольших размеров, непосредственно за которой можно слышать преимущественно низкочастотную часть звукового спектра (длинные волны дифрагируют, огибают малое препятствие), в то время как высокочастотные составляющие эффективно отражаются, и хорошо слышны с передней стороны.

На явлении полного внутреннего отражения построены оптические приборы, передающие световой поток на большие расстояния (так называемые световоды). Почти аналогичным образом распространяется звук в длинных трубах.

Акустический процесс в закрытом помещении (реверберация) — явление уникальное; плавное спадание звуковой энергии можно было бы уподобить гаснущему свету, но такой подход к вопросу, скорее, относится к художественной области, чем к физической.

А вот звуковой резонанс, рассматриваемый обычно как механическое явление, имеет своего оптического сородича: на основе резонанса действует большинство мощных лазеров.

Конечно, с точки зрения академической физики, приведенные аналогии не всегда точны. Однако, они не абсурдны, и как вспомогательное средство для изучения физики звука — очень полезны.

§ 1-2. Аналогии в психофизиологическом восприятии звука и изображения

Бывший научный сотрудник ленинградского института киноинженеров (ныне — Университет кино и телевидения), кандидат

технических наук И. К. Нечаев, занимавшийся вопросами воздействия шумов на человеческий слух, высказал предположение, что слуховой и зрительный анализаторы нашего головного мозга устроены настолько однотипно, что если бы можно было «переключить» их нервные каналы связи с ушами и глазами, то человек продолжал бы видеть и слышать. Вряд ли нужно иронизировать по поводу такой гипотезы, пусть даже и не имеющей развития. В психофизиологии восприятия акустической и оптической информации достаточно много взаимоподобного. Очевидно, анализ (семантический и, тем более, эстетический) звука и изображения вообще происходит уже за пределами физиологической части мозга, — этим занимается человеческая психика. Достаточно сведений о том, что наши приёмники, глаза и уши, передают информацию в головной мозг не непрерывно, а квантами, но кто скажет, что слышимое или видимое — прерывисто? Психология зрения, как и психология слуха (психоакустика) восполняет информационные пробелы.

Рассмотрим, сравнительно, зрительные и слуховые впечатления, возникающие у человека в оптических и акустических сферах.

Громкость сродни **освещённости**. Насыщенную цветовую деталь в живописи неспроста называют кричащей, а динамический акцент в звуке — ярким.

Порог освещённости и порог слышимости определяют те минимальные оптические, соответственно, акустические **раздражения**, при которых начинают проявляться **ощущения** — зрительные или слуховые. Как в психоакустике, так и при восприятии изображения наблюдается явление маскировки слабых сигналов мощными. Громкий шум «закрывает» собою тихий шёпот, а «засвеченный» киноэкран — бледнеет. Кроме того, уши адаптируются к громким звукам, и даже после их исчезновения какое-то время не слышат тихого; также и глаза «ослепляются» яркой вспышкой.

Максимальная восприимчивость у слуха наблюдается в середине звукового диапазона, а у зрения, аналогично, — к зелёной области видимого спектра.

Громкостной диапазон звуков слух оценивает по логарифмической шкале; подобное наблюдается у зрения в отношении **яркостного диапазона**. Ощущение громкости, как и ощущение яркости — всегда относительно, и это широко используется

в изобразительных, звуковых и фонографических искусствах для создания динамической выразительности даже при ограниченных диапазонах технических средств.

Как уже говорилось, чистый акустический тон сродни монохроматическому свету. А. Н. Скрябин исследовал связи в восприятии разных звуковых регистров и цветовой окраски. По его ощущениям, существует определённая тенденция родственных оценок: звуковысотное движение вниз соответствует смещению цвета в красную область. Нижние регистры в музыке часто считают тёплыми, высокие (при той же динамике) — холодными. Также часто называют тёплыми красные тона, а холодными — синие.

Есть, впрочем, ещё одна связь: высокий чистый тон кажется всегда тонким, близким к острому лучу света.

Н. А. Римский-Корсаков находил, что ощущения цвета сродни окраске тональностей в музыке. Пусть даже впечатления этого гения оркестровой палитры и не укладываются в какие-то оптические и психоакустические шкалы, нельзя пренебречь изучением явленных ему феноменов: C-dur — белый, D-dur — жёлтый, E-dur — синий, F-dur — зелёный.

Шум, в котором в равной мере представлены все спектральные компоненты, аналогичен, по восприятию, сплошной окраске какой-нибудь поверхности в **нейтрально-серый цвет**. Правда, в акустике такой шум называется «белым», но этот термин, пожалуй, введён для того, чтобы отличать иной шум — «розовый», где низкочастотные составляющие превалируют над высокочастотными (аналогично: в спектральном составе розового цвета уменьшена, по сравнению с белым, интенсивность фиолетово-голубой области).

Сравним пару **«созвучие — соцветие»**. В музыке, как известно, существует натуральный гармонический звукоряд, совокупное звучание которого воспринимается слитно (как одна нота, с конкретным основным тоном, сказали бы музыканты). Также абсолютно едино воспринимается любая комбинация так называемых основных (красный, зелёный, синий) или дополнительных (голубой, пурпурный, жёлтый) цветов в изображении. А созвучия, акустический спектр которых не подчиняется натуральной закономерности, подобны живописной окраске с дополнительными цветовыми оттенками, как и в музыке, консонансными или диссонансными.

И в изобразительных искусствах, и в фонографии степень воздействия таких сочетаний на слушателя можно регулировать.

Сумеречное зрение, практически, лишает нас возможности видеть цветные детали изображения. Аналогично, *сильное снижение громкости* уменьшает слуховую восприимчивость в крайних областях частотного диапазона, что делает звук невыразительным, если не сказать бесцветным.

Исследователи в области восприятия изображений установили, что большинство испытуемых предпочитают синие тона на нейтрально-сером фоне красным. Опыт многолетнего общения со слушателями звукозаписи показал, что и у них падает выбор на фонограммы, разумно насыщенные высокочастотными деталями.

Цветной объект на фоне противоположного (дополнительного) цвета всегда кажется насыщеннее, чем на фоне, тонально близком. Так же и детали сложной звуковой картины, проецируемые друг на друга в стереофонической композиции, лучше различаются, когда их акустические спектры имеют экстремумы в разных областях (см. главу **«ФОНОКОЛОРИСТИКА»**).

В изображении синий предмет кажется тоньше, если фон — красный. Подобное происходит с чёрными объектами на белом фоне. Человеческий слух способен давать сравнительную оценку размеров звучащих источников, и голоса высоких регистров представляются геометрически меньшими, когда они окружены низкочастотными звуками.

Когда мы смотрим в кино последовательные выборочные фазы какого-то движения, то воспринимаем их, как слитное перемещение объекта. Не буквальная, но аналогия существует в фонографии: один и тот же виртуальный источник звука (см. главу **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»**), локализованный с небольшой временной задержкой в разных азимутах стереофонической картины, приобретает слитную геометрическую протяжённость. Ощущение непрерывности, как и в кинематографе, возникает, благодаря психофизиологической памяти — основе множества феноменов человеческого восприятия.

Вряд ли на этом замыкается круг приведенных аналогий. Изучение психоакустики и её практическое исследование применительно к звукорежиссуре наверняка приведёт ещё к большим открытиям. Но, заканчивая параграф, хотелось бы поставить акцент на феномене, который является, пожалуй, для нас ключевым.

Зрительный анализатор во множестве видимых одновременно предметов фокусирует глаз на интересующей нас детали. Слу-

ховой анализатор может сконцентрировать внимание на звуковом объекте, утопающем в гуле множества голосов. Надо заметить, что в таких ситуациях зрение и слух часто помогают друг другу.

Но на такую гибкую перестройку, как у глаза и уха, совершенно не способны ни фотографический объектив, ни микрофон. Поэтому, как только изображение перенесено на фотобумагу, киноэкран, холст, а звук — воспроизводится громкоговорителем, условия восприятия радикально изменяются: иным, **функционально детерминированным**, становится сам объект восприятия, и у мозга отпадает необходимость в регулярной адаптации. Однако, если звучание является картинным, зрелищным, что вполне возможно в стереофонии или пространственной, многоканальной звукопередаче, зрение непроизвольно активизируется, и по психологической привычке начинают включаться механизмы слуховой избирательности: возникает ощущение фонографической прозрачности и отчётливой дифференцированности всех голосов передаваемого звукового произведения.

§ 1-3. Художественный аспект зрительно-слуховых аналогий

В каждой главе книги есть рассуждения, касающиеся непосредственно эстетики фонографии. Поэтому то, о чём пойдёт речь в данном параграфе, в какой-то мере явится кратким анонсом к последующим изложениям.

Фонографическая композиция сродни композиции живописной. Изучение законов зрелищных жанров во многом помогает звукорежиссёрам в художественной организации звукового материала, собираемого в фонографическую картину.

В изобразительных искусствах, фото- и кинематографии существует определение **картинной плоскости**. Под этим понимается, как правило, прямоугольник тех или иных пропорций, ограничивающий холст, фотобумагу или киноэкран. В пределах картинной плоскости помещается **изобразительная композиция**, законы которой, сообразно психофизическим особенностям зрительного восприятия, акцентируют внимание на всей совокупности фрагментов изображения в их масштабных взаимоотношениях. Графические, светотональные и колористические элементы

изобразительной композиции, ракурс (специфическое направление взгляда автора, и, соответственно, зрителя на изображаемый объект), а также угловые масштабы деталей, — все это создает ощущение *изобразительной перспективы*, глубины, иными словами, пространственности. В работах талантливых мастеров это качество настолько убедительно, что границы картинной плоскости, рамка, как бы перестают существовать, не только расширяя в восприятии зрителя пределы изображаемого пространства, но и вовлекая его самого в атмосферу и суть изображения. Возникает так называемый *эффект присутствия*.

Средства электроакустики, как будет показано в главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**», позволяют создавать звуковые картины, зрелищные элементы которых во многом ассоциируются с живописными.

Каждое помещение, в котором звучит музыка, речь или даже шум, вносит определённую, только этому помещению свойственную, окраску. От неё существенно зависит тембр звука. Точно так же цвет любого предмета, сколь бы априорным он не считался, является не только его собственным свойством, но и свойством освещения.

Характерно, что, говоря о *светотональной атмосфере* или об *акустической обстановке*, тонкие ценители могут употребить одно и то же слово: воздух.

Существуют *доминирующий цвет* и *преобладающий тембр*, цветовые и тембральные акценты. Иногда звукорежиссёры, ради специфического эффекта, прибегают к спектральной доминанте в суммарном звучании.

В *одноплановом изображении* бывает желательно чередование элементов различной яркости (светлоты) — это создаёт ощущение ритма. Но если картина лишена пространственной глубины, увеличение количества объектов, изображённых в одной плановой плоскости, и соответствующее уменьшение их размеров, может привести к снижению чёткости восприятия. Поэтому, в композициях «с массовкой» художники создают *глубинный рисунок*, изобразительную перспективу с ранжированием деталей по значимости. Так создают многоплановые изображения в живописи, фотографии, кино.

И в звуковом изображении, если оно строится в *плоской фонографической панораме*, легко воспринимается композиция

только из небольшого количества голосов, Для насыщенных звуковых структур (например, передача оркестра с хором и солистами) требуются, конечно, *объёмные изображения*, с выраженной акустической перспективой.

Голубая дымка — свойство удалённости. Насыщенный красный цвет кажется более близким. Это естественные ощущения. Нет ли здесь связи с тем, что далёкие звучания высоких голосов, например, скрипки, флейты, гобоя в верхних регистрах редко вызывают возражения, тогда как драматургически не обоснованная удалённость солирующей в нижнем регистре виолончели может оказаться неубедительной?

«Солнечные зайчики» можно уподобить ранним акустическим отражениям, поэтому звуковая картина, насыщенная такими рефlekсами, кажется более светлой. Всплеск звука от акустического резонанса ассоциируется с яркой вспышкой.

Свет при рисовании или фотографировании во многом определяет выразительность изображения. Направленные свойства микрофонов (см. главу **«МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ»**) в большой мере аналогичны направленности «рисующих» осветительных приборов, разве что границы световых лучей гораздо более чёткие, нежели телесные углы, в пределах которых «видит» направленный микрофон. А рассеянный, так называемый «заполняющий», свет для электроакустики является прототипом сигналов ненаправленного микрофона, часто применяемого для передачи общей акустической атмосферы.

Обращение к живописным примерам часто помогает решать художественные задачи в звукозаписи. Конечно, вряд ли существует прямое фонографическое подобие пейзажа, который мы рассматриваем сквозь капли дождя на стекле. Но каждое впечатляющее зрелище рождает в нас желание сделать что-то аналогичное в звуковом рисунке. И пусть пока отсутствует возможность прямой электроакустической реализации такого замысла, — давайте искать образные пути, ассоциации. Кто знает, вдруг фактурная партия колокольчиков, челесты, арфы где-то попросится на передний план пространственной фонографии, и, разбросавшись по нему спонтанно (это возможно), изобразит те самые слёзы на окне?

Разумеется, ни один из аспектов рассмотренной темы нельзя считать исчерпанным. Автор призывает всех, стремящихся к овладению звукорежиссёрской профессией, продолжать глубокое изучение физической акустики, свойств слуха, психологию восприятия звука и зрелищ, независимо от той методологии, которую они изберут в своём творчестве.

Богатые знания в самых разных областях не только значительно облегчают решение эстетических задач, но и способствуют проявлению художественной фантазии, рождению замыслов.

В этой книге читателю будет предложено знакомство со способами фонографического воплощения его идей. И, поскольку главными инструментами в руках звукорежиссёра являются различные электроакустические средства, с них мы и начнём нашу большую экскурсию.

Глава 2.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗВУКОРЕЖИССЁРА

Огромное количество хороших книг посвящено всевозможным устройствам, которыми оборудованы современные студии звукозаписи. Но содержание этой литературы почти всегда носит сугубо технический характер, и её язык ориентирован не столько на звукорежиссёров, надеющихся получить гуманитарное образование, сколько на инженеров — специалистов в областях электротехники, звукотехники, электроакустики и компьютерного программирования.

Между тем, постоянное общение со студентами звукорежиссуры, в прошлом — выпускниками консерваторий, музыкальных училищ или школ, показывает, что богатые возможности образного мышления позволяют без особого труда постигать сущность конкретных понятий. Как только будущие звукорежиссёры убеждаются в том, что им вовсе не обязательно знать во всех подробностях, чем отличается биполярный транзистор от полевого или, тем более, каким образом индукция в зазоре магнитной системы динамического громкоговорителя влияет на его отдачу, исчезают психологические препятствия на пути познания технических сторон нашей профессии. Оказывается, на первых порах вполне достаточно знаний, приобретённых на школьных уроках физики. И становится доступной любая образная модель, поясняющая работу электронного устройства, казавшегося доселе непостижимо сложным.

Поэтому автор заранее просит прощения у любителей строгой технической литературы за свободный характер изложения тем данной главы.

§ 2-1. Электроакустические сигналы

Для начала нужно ввести некоторые определения, наиболее часто встречающиеся в специальной литературе. В первую очередь к таковым относится понятие о сигнале.

Сигналом мы называем любую информацию, независимо от её физического вида: акустический (механический) сигнал — движение частиц воздушной или жидкой среды, несущее звук от источника к слушателю; электрический сигнал — сообщение, передающееся по проводникам в форме электрического тока; магнитный сигнал — информация, зафиксированная в процессе записи на ленте магнитофона в виде так называемой остаточной намагниченности и индуцируемая при воспроизведении в магнитную головку; оптический сигнал, передающий изображение, и т. д. Надо сказать, что информация, производящая психофизические впечатления, в математической форме является величиной переменной. Действительно, постоянное атмосферное давление не вызывает слуховых ощущений, так же, как не вызывает зрительных ощущений полный постоянный мрак.

Простейшим информационным сигналом, знакомым каждому со школьной скамьи, является синусоидальное (циклическое, периодическое) колебание, характеризуемое частотой (или периодом), амплитудой и относительной фазой, когда идёт речь о временном сопоставлении двух сигналов (см. иллюстрацию 2-1).

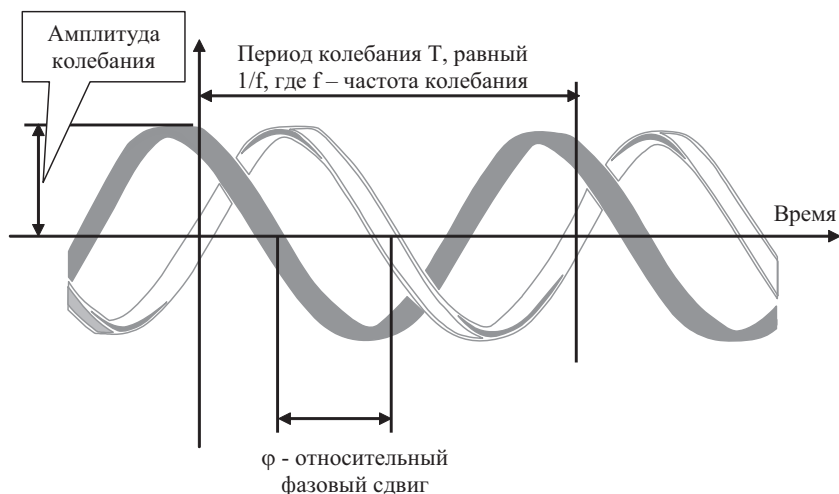


Иллюстрация 2-1

Механическим видом такого сигнала считаются, например, колебание маятника, фрагмент колебания камертона (именно фрагмент, потому что все, возбуждённые ударом, колебания камертона

будут постепенно затухать, т. е. их амплитуда плавно уменьшится до нуля). В такой же математической форме представляется простейший акустический сигнал, чистый тон — звучание того же камертона.

Практически, все остальные сигналы, несущие какую-либо информацию, уже не описываются простейшими формами, а представлены спектром (иллюстрация 2-2), в набор которого входит конечное или бесконечное число синусоидальных колебаний, суммированных при определённом соотношении их амплитуд, частот и фаз, а то и вовсе сложенных хаотично. Пример последнего — акустический шум.

Собственно амплитуда, как и вообще так называемое мгновенное значение простейшего колебания представляет интерес только для математиков и создателей технических устройств. В нашей практике актуальны энергетические, мощностные характеристики сигналов, косвенным приблизительным отражением которых является их индикация на шкале измерителей уровней при звукозаписи или передаче. Под уровнем понимается величина сигнала, соотносённая с каким — либо эталоном. Так, если сигнал сложного спектра по своей суммарной, интегральной мощности равен эталонному, его уровень считается 100-процентным. Половина мощности соответствует 50%, треть $\approx 33\%$, и т. д.



Иллюстрация 2-2

Надо сказать, что большинство используемых в нашей практике аппаратных измерителей уровня сигналов интегрирует их мощность в течение очень малого времени, от сотен микросекунд до единиц миллисекунд, чтобы звукорежиссёр мог следить за текущей динамикой, так что видимый диапазон индикаций адекватен динамическому диапазону звукопередачи лишь с определёнными приближениями. Чем меньше время интегрирования, тем безынерционнее, точнее происходит измерение, что, впрочем, имеет скорее технический смысл, нежели отражает динамические свойства звука. Действительно, слыша *crescendo* в оркестровом *tutti*, вряд ли мы, в отличие от безынерционного измерителя, станем одновременно реагировать на *vibrato* флейты как на колебание суммарной громкости. Тем не менее, как будет показано ниже, точность индикации уровня звукопередачи важна для гарантии технического качества фонограммы, особенно в цифровых форматах.

Учёт уровней звуковых сигналов в линейных процентных величинах не соответствует той шкале ощущений, что свойственна нашему слуху. Мы оцениваем изменения громкости в логарифмическом масштабе, и это позволяет нам воспринимать огромный, в арифметическом смысле, динамический диапазон звуков — с более чем миллионным перепадом. Поэтому в электроакустике принята шкала отсчёта уровней, аналогичная слуховой: в относительных логарифмических единицах — децибелах (дБ). Ступенька такой шкалы при измерениях акустической интенсивности или соответствующего электрического напряжения составляет $20 \lg A_1/A_2$, где A_1 и A_2 — сопоставляемые величины, одна из которых, в большинстве случаев A_2 , может являться эталонной, или, как выражаются техники, опорной. Поскольку в современной звукозаписывающей технике за опорный сигнал принимается некий номинальный (для трактов цифровой звукопередачи — максимально допустимый), то уровень текущего сигнала A_1 в сравнении с ним может варьироваться в диапазоне от 0 дБ до каких-либо отрицательных значений. Так, с известным округлением, половина максимального уровня в логарифмическом масштабе равна величине в минус 6 дБ, треть — минус 10 дБ, четверть — минус 12 дБ, десятая часть — минус 20 дБ и т. д. Соответственно, увеличение уровня сигнала по сравнению с его предыдущим значением отмечается, как прирост на то или иное количество «положительных» децибел (иллюстрация 2-3).

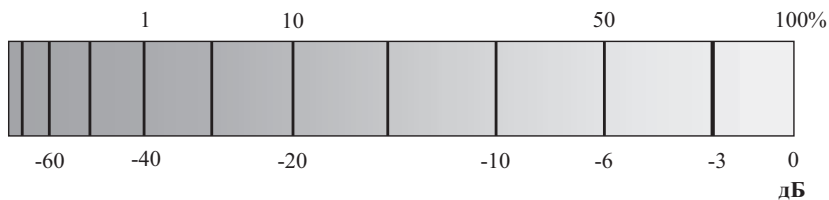


Иллюстрация 2-3

Измерители текущего уровня реальных сигналов, как правило, не реагируют на их короткие всплески, так называемые пики, и предоставленные звукорежиссёру индикаторы, за исключением некоторых компьютерных, показывают усреднённые значения уровней. Между тем, величина пиковых значений бывает очень существенна; для их практической оценки следует помнить о таком параметре натуральных акустических сигналов, как *пик-фактор*. Он отражает степень превышения пиковых значений сигналов того или иного рода над его средними значениями.

Величина пик-фактора может превышать 20 дБ.

Период колебаний является величиной производной; традиционно оперируют обратным понятием — частотой, измеряемой в герцах (Гц). Для музыкального слуха, на первых порах, частоту акустических сигналов можно, с известным приближением, ассоциировать с высотой звуков, если, конечно, говорить об основных тонах звучаний, без учёта обертонов, гармоник натурального ряда, хорошо известных людям, получившим музыкальное образование. И хотя психоакустики доказали отсутствие абсолютных интервальных соотношений частот и высот звуков вдоль всей темперированной шкалы, на практике можно полагать, что октавное повышение адекватно удвоению частоты сигнала, а октавное понижение — её делению пополам. В особенности это справедливо для звуков среднего регистра, от малой до третьей октавы. Для оценки частоты звукового сигнала музыканты пользуются точкой отсчёта в 440 герц, что соответствует камертонному *ля* первой октавы.

К слову, способность человеческого слуха отмечать равными относительные интервалы звуков, независимо от регистра, лишний раз демонстрирует логарифмическую природу нашего восприятия. И здесь, как при оценке динамических диапазонов, вся область уверенно слышимых частот из 18–20 тысяч герц превращается в какой-нибудь десяток октав.

В главе «ФОНОКОЛОРИСТИКА» читатель получит подробные сведения о спектрах сигналов и о практическом отношении к частотам и частотным диапазонам.

О фазовых характеристиках сигналов в нашей практике можно говорить, рассматривая, по меньшей мере, их пару. Фаза — понятие временное, показывающее, насколько один сигнал отстаёт от другого или опережает его, но такая оценка актуальна только при сравнении тональных сигналов с равными частотами, или двух одинаковых по частоте спектральных компонент сложных сигналов.

На иллюстрациях 2-4 и 2-5 даны в тригонометрическом представлении пары одинаковых сигналов А и В. В первом случае эти два сигнала являются синфазными — увеличение и уменьшение мгновенных значений во времени совпадает. При их сложении итоговый сигнал $A+B$ оказывается вдвое большим каждого из исходных. Несложно убедиться в том, что взаимное фазовое смещение любого из сигналов смешиваемой пары приведёт к заметному уменьшению их суммы (иллюстрация 2-5).

В школьном курсе физики рассматривалось явление интерференции колебаний и волн, подробно поясняющее наши примеры.

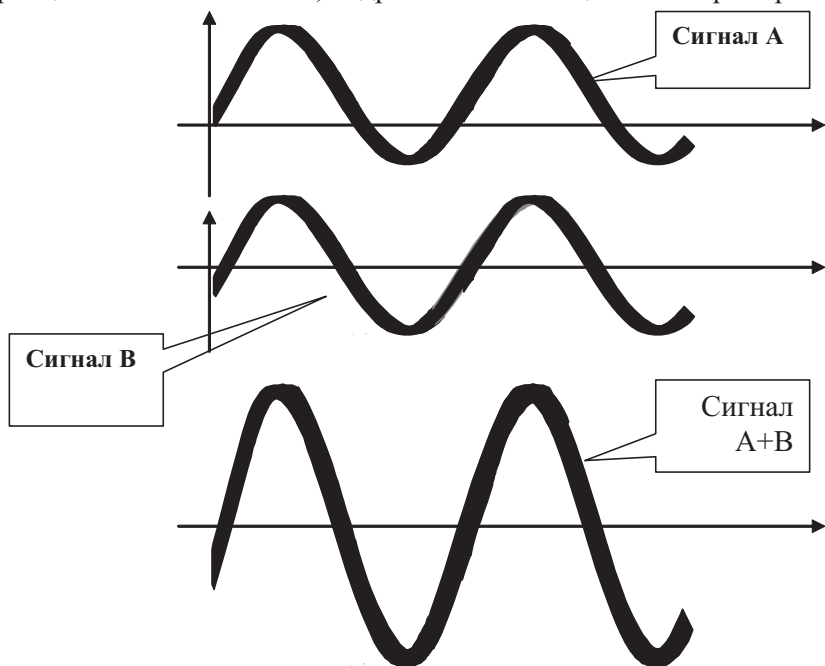


Иллюстрация 2-4

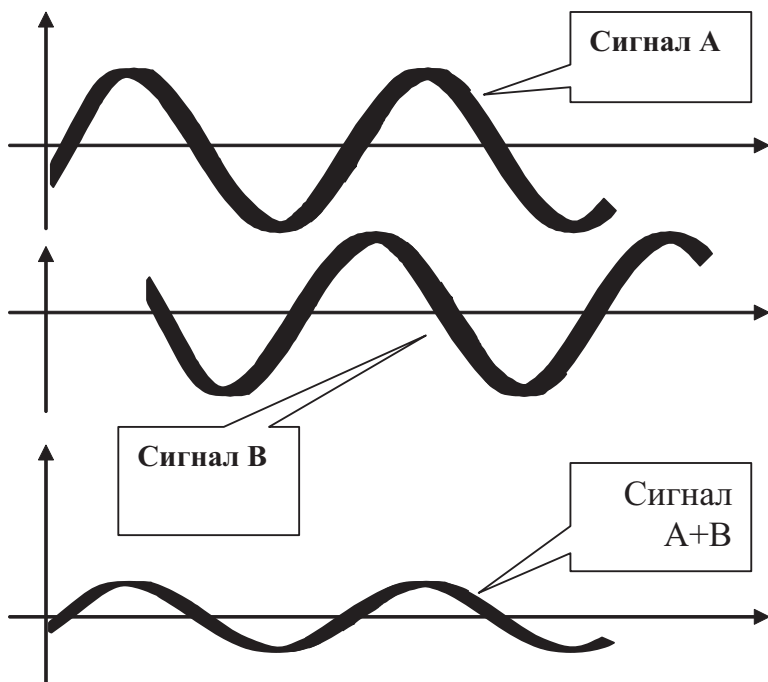


Иллюстрация 2-5

Экстремальным случаем в звукорежиссёрской практике считается случайный фазовый сдвиг двух изоморфных сигналов на 180° , так называемая «противофаза», — следствие технических нарушений или неудачной установки микрофонов. Она приводит к нечёткости стереофонического изображения (смотри главу «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**»), вплоть до полной её неопределённости, а при монофоническом воспроизведении стереозаписи, когда суммируются сигналы левого и правого стереоканалов, противофаза, благодаря интерференции, может привести если не к полному пропаданию звука, то, по меньшей мере, к сильному нарушению громкостных или тембровых качеств.*

Индикация фазовых соотношений осуществляется с помощью так называемых *кореллометров* или *гониометров*, отражающих тенденцию преимущественного совпадения или антисовпадения фаз спектральных компонент двух сложных сигналов.

* В главе о применении микрофонов будет рассказано, как их противофазное включение корректирует звукопередачу положительным образом.

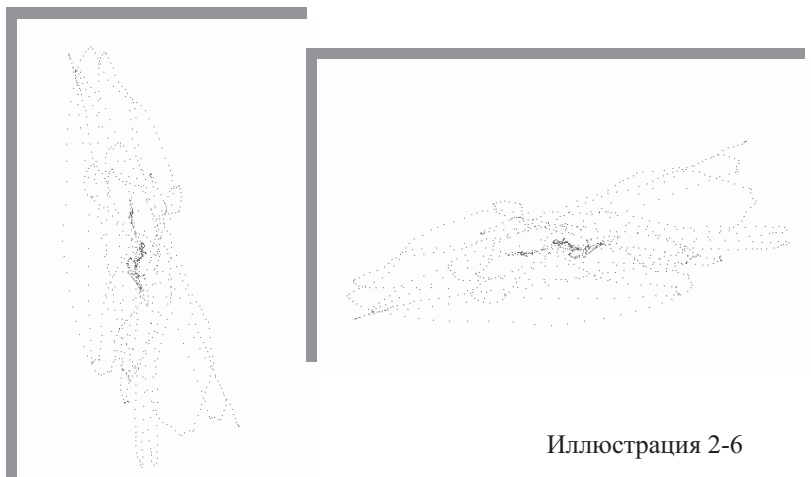


Иллюстрация 2-6

Иллюстрация 2-6 демонстрирует две гониограммы двухканального стереофонического сигнала, левая из которых, согласно международному стандарту, принятому для грамзаписи, показывает преимущественную противофазность, а правая — преимущественную синфазность стереопары. Сказанное отображается вертикальной или горизонтальной ориентацией гониограмм, соответственно тенденциям фазовых взаимоотношений.

Электронные устройства могут генерировать синусоидальные колебания заданной амплитуды и частоты или иные колебания различного рода (в том числе и шум); их вид адекватно изображается на экране специального прибора — осциллографа, с помощью которого технические сотрудники студий исследуют интересующие их параметры сигналов.

К характеристикам сложных реальных сигналов, с которыми постоянно имеют дело звукорежиссёры, следует отнести так называемую огибающую амплитуд (в профессиональном обиходе «волну»), показывающую сигнал в его динамическом развитии (иллюстрация 2-7).

Информация, которую можно черпать из рисунка огибающей, увеличенного до деталей, позволяет судить о характере и времени атаки (нарастания) и затухания звуков; изучение этих данных актуально при использовании приборов для динамической обработки сигналов (иллюстрация 2-8).

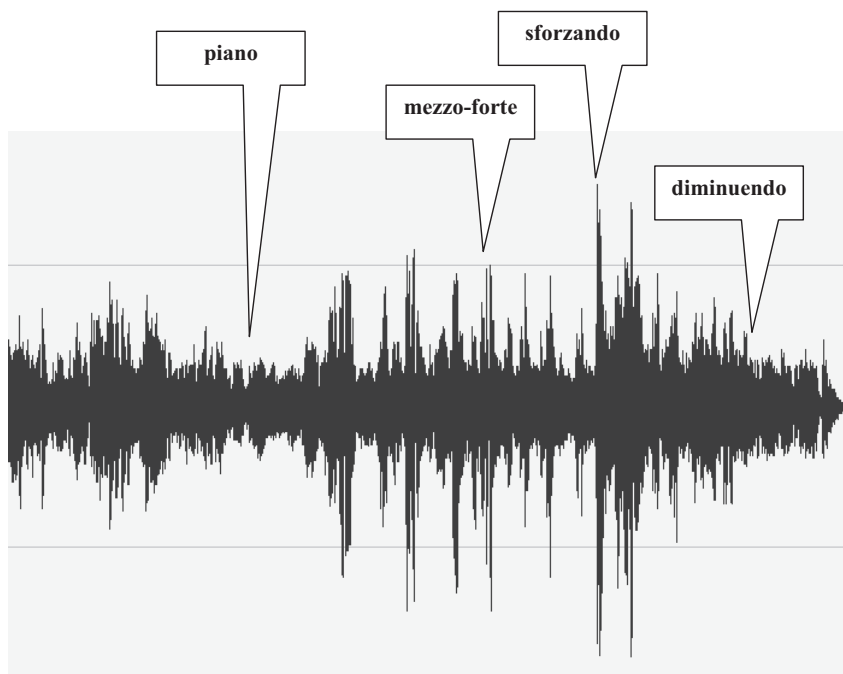


Иллюстрация 2-7

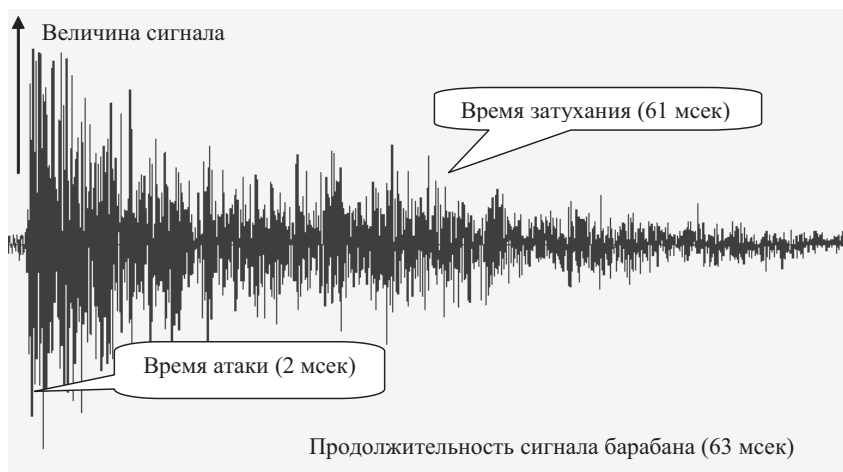


Иллюстрация 2-8

§ 2-2. Источники и приёмники сигналов

Работа с сигналами предполагает их прохождение сквозь те или иные устройства, изменяющие сигналы качественно или количественно. В связи с этим звукорежиссёры обязаны твёрдо усвоить понятия источников и приёмников сигналов.

Во всей технико-технологической цепочке звукопередачи, начиная с акустических объектов и заканчивая слушателем, каждое предшествующее звено считается источником, а последующее — приёмником сигнала, независимо от того, происходит ли при передаче физическая трансформация сигнала, или нет. Казалось бы, такие тривиальные рассуждения не достойны особого внимания. Но опыт показывает: практический оперативный анализ электроакустического тракта, в особенности его электронных отделов, и правильная эксплуатация всей аппаратуры требует машинально, почти рефлекторного отчёта в том, откуда пришёл сигнал, и куда он поступает для дальнейших преобразований.

В самых общих чертах, источник сигнала характеризуется минимальной, номинальной (средней) и максимальной мощностью, а также величиной собственных помех. При этом вводится понятие отношения *сигнал / шум*, и определяется предельный диапазон динамики источника. Так, например, *fff* оркестра являет его максимальную акустическую мощность, *ppp* в solo — минимальную, а уличные шумы, досадным образом проникающие в тонателье — определяют уровень собственных помех совокупного акустического источника сигнала. Ясно, что если величина неустранимого шума сопоставима с мощностью полезных звуков в пиано-пианиссимо, то вряд ли такой нюанс в данной ситуации целесообразен. Психоакустики полагают, что для уверенного восприятия тихих звуков их мощность должна превосходить мощность шума, по меньшей мере, втрое.

Для звукорежиссёров весьма актуален спектральный состав сигнала источника, рассматриваемый не абстрактно, а в контексте композиционных законов (см. главы «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**» и «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**»).

Приёмники сигналов характеризуются, прежде всего, двумя критериями — чувствительностью (в электронике существует понятие входной чувствительности) и так называемой перегрузочной способностью.

Чувствительность приёмника соответствует той минимальной величине входного сигнала, при котором приёмник проявляет хотя бы начальную работоспособность, и сам может быть источником сигнала для следующего звена. В качестве модели можно привести вполне понятную чувствительность слуха: если действующий на ухо звук чрезмерно слаб, то слуховое ощущение может отсутствовать. Лишь люди с высокой акустической чувствительностью способны воспринять то ничтожно малое, что утомлённому молодёжь уже кажется мёртвой тишиной.

Под перегрузочной способностью понимают ту предельную величину сигнала источника, выше которой приёмник перестаёт адекватно реагировать на получаемый сигнал, резко обогащая его так называемыми *динамическими нелинейными искажениями*, то есть, внося в исходный спектр компоненты, доселе отсутствовавшие. Так, каждый из нас хорошо знаком со свистом в ушах, который возникнет на некоторое время, если рядом внезапно раздается оглушающий грохот.

Нелинейные искажения оцениваются степенью *качественных изменений сигнального спектра*. Конкретные сообщения, приводимые в технических паспортах электроакустических устройств, зависят от способа измерения искажений; в основном, указывается процент гармоник (обертонов), вносимых в стационарный синусоидальный сигнал. Связанные с типом электронной конструкции, продуцируемые обертоны могут быть чётными (2-я, 4-я, и т. д. гармоники), или нечётными (преимущественно, 3-я). Музыкантам хорошо известны тембральные качества обертонов обеих групп, и им понятно, отчего звук, прошедший через прибор на электронных лампах (искажения второго типа), менее «жёсткий», чем в случае устройств с биполярными транзисторами (искажения первого типа).

Нужно учесть, что искажения сигнала при перегрузке приёмника, проявляющиеся в электроакустике как хрипы и трески, в дальнейшем исправлению не поддаются. Экстремальные перегрузки некоторых звеньев электроакустического тракта, например, таких, как микрофоны или громкоговорители, могут привести к выходу их из строя, как может привести к необратимой потере слуха звук чрезмерной мощности.

Ниже будет сказано о специфических искажениях сигналов в устройствах цифровой звукопередачи.

Приёмник, передавая сигнал дальше, становится его источником для следующего звена. Передаточная функция, в принципе, может быть разнообразной. Относительно звука, будем считать, что если его природа сохраняется, то передающее звено не вносит в сигнал качественных изменений, производя лишь его усиление или ослабление. Для такого звена вводится понятие *коэффициента передачи*. Это — отношение величины выходного сигнала к величине входного сигнала. Для уже известной нам логарифмической формы оценки:

$$K_{\text{п, дБ}} = 20 \lg A_{\text{вых.}} / A_{\text{вх.}}$$

Напомним, что усилению соответствуют «положительные» децибелы, а ослаблению — «отрицательные».

Если передающее звено трансформирует звуковой сигнал, в корне меняя его природу, тембр, временную структуру, то такая функция описывается значительно более сложной математикой, и термин *коэффициент передачи* здесь не употребляется.

Уровень *собственных* или *вносимых* шумов приёмника гарантирует тот минимальный сигнал, который может быть различимо передан. Такое определение обосновано лишь технически, ибо если учесть психофизиологические свойства слуха, то обнаружится, что различимость возможна даже при шуме, уровень которого превышает полезный сигнал. Это связано с законами слухового восприятия различных звуковых спектров. Так, к примеру, тихий звук клавиесина или треугольника, при очевидной ничтожности их акустических сигналов, отлично слышен в оркестровой фактуре более высокого уровня. Поэтому практическая оценка шума, вносимого электроакустическим звеном — приёмником сигналов, производится, скорее, по его заметности и художественному вреду. Тем не менее, параметр *отношение сигнал / шум* входит в ряд так называемых «паспортных характеристик», и для устройств, работающих в режиме номинального усиления, составляет сегодня величину, превышающую подчас 140 дБ., что более, чем достаточно для электроакустической передачи.

При увеличении коэффициента усиления приёмника собственные его шумы, естественно, пропорционально возрастают. Надо сказать, что всякого рода искажения появляются на выходе микрофонов, усилителей, записывающих устройств, даже если передаваемый сигнал нединамичен, и величина его далека от пре-

дельной. Если появление новых спектральных компонент суть свидетельство вносимых нелинейных искажений, то изменение величины и (или) фазы исходных спектральных компонент — говорит о наличии *линейных искажений*, или *искажений амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)*.

Последняя отражает зависимость *коэффициента передачи* электроакустического устройства или его отдельного звена от частоты передаваемого сигнала. Поскольку для звукорежиссёра почти всегда важно сохранение спектрального состава сигналов источника, то их приёмник, сам по себе, не должен вносить в передаваемый спектр количественных изменений.

На иллюстрациях 2-9 и 2-10 приведены частотные характеристики идеализированного и реального электронных устройств. Масштабы на осях графиков — логарифмические.

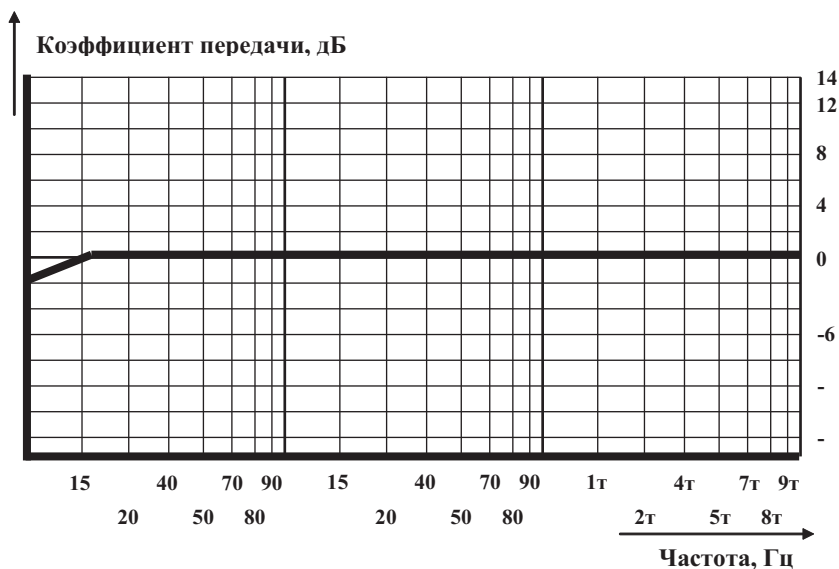


Иллюстрация 2-9

О величине вносимых линейных искажений для электроакустических приборов говорят, как о *неравномерности амплитудно-частотной характеристики*. Как правило, АЧХ имеет завал на краях частотного диапазона. Следует учитывать, что характеристики, приводимые в технической документации, получены при стационарном сигнале, то есть являются статическими. Для звуков,

изобилующих короткими мощными атаками, актуальным является также скорость нарастания выходного сигнала, косвенно связанная со временем установления **АЧХ** в высокочастотной области. Некоторые электронные устройства, в частности, автоматизируемые регуляторы усиления, имеют низкое быстродействие при вполне удовлетворительных статических **АЧХ**, и это является главной причиной специфического «смягчения» звука.

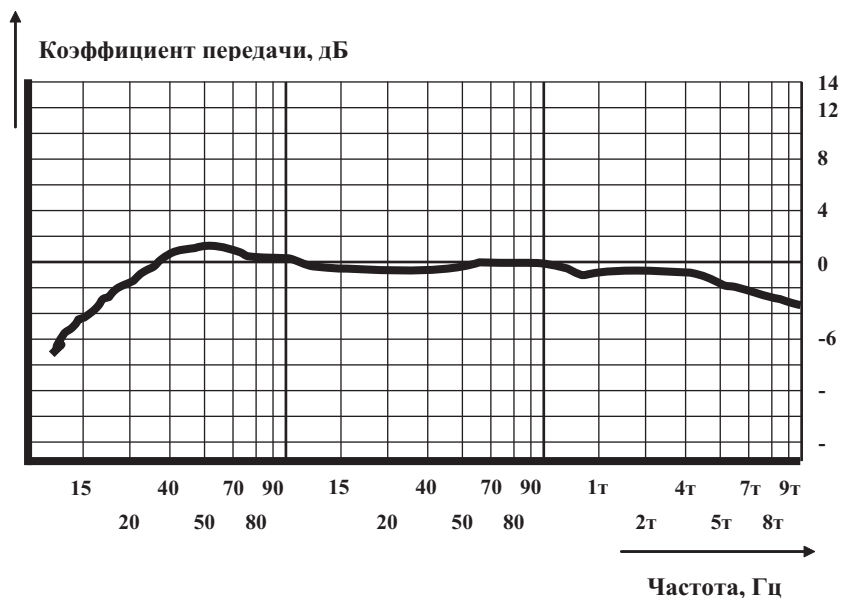


Иллюстрация 2-10

Указанные дефекты, вносимые электроакустическими приёмниками, не являются исчерпывающими. Искажения «разностного тона», «нулевой отсечки», «шум заплывания», характерный для фотографической фонограммы кино, «шум квантования», свойственный устройствам цифровой звукопередачи (читай ниже), — всё сообщает передаваемому звуку свою специфику, избежать которой невозможно. Вот почему по характерной окраске специалисты могут определить, какого вида аппаратура использовалась для звукопередачи.

Казалось бы, высококачественные электроакустические устройства, применяемые на профессиональных студиях, вносят

в сигнал мизерные искажения, и о них можно не думать, пока они не вызывают слуховых ощущений. Но беда в том, что любые, даже малозаметные искажения могут усугубиться дефектами следующих технологических звеньев, и мы получим отнюдь не простую сумму частных недостатков, разве что неравномерности АЧХ сложатся алгебраически. Нелинейные же искажения прогрессируют по квадратичным законам, и тайное становится явным. Кстати, подобное можно сказать и о собственных шумах электронных приборов и шумах магнитных лент: при технологическом соединении или многократном копировании фонограмм шумы не суммируются, а перемножаются.

Так что автор призывает будущих коллег **относиться с постоянным вниманием к используемому оборудованию, избегая ситуаций, при которых искажения могут возникнуть даже теоретически. В первую очередь, это касается контроля уровней передаваемых сигналов.**

Электрическая связь источников и приёмников сигналов в студийной практике носит название **коммутации**, соединения. Чисто технические, конструктивные аспекты коммутации входят в компетенцию студийных инженеров. Звукорежиссёры должны знать следующее:

- К выходу одного источника может быть подключено несколько приёмников (для профессионального оборудования, по меньшей мере, три — см. иллюстрацию 2-11). Исключение может составить редкий случай соединения одного конденсаторного микрофона с микрофонными усилителями нескольких пультов, один из которых обеспечивает так называемое фантомное питание микрофона,* а другие в своих входных цепях не имеют защиты от высокого постоянного напряжения.**
- Категорически нельзя непосредственно соединять выходные цепи разных источников, желая тем самым суммировать их сигналы у входа некоего единого приёмника (иллюстрация 2-12).

* Смотри главу «Микрофонный приём акустических объектов».

** В данной ситуации используются специальные разветвляющие устройства, в частности так называемые «Active D-box».

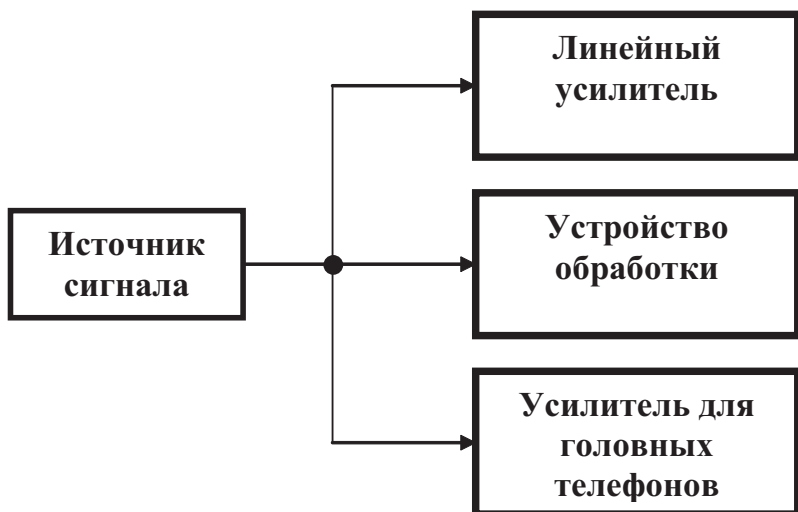


Иллюстрация 2-11

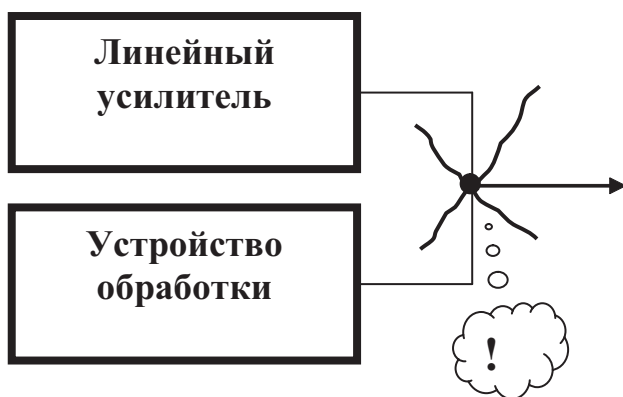


Иллюстрация 2-12

- Все электронные приборы обладают так называемым **выходным сопротивлением** (*output impedance*), и **входным сопротивлением** (*input impedance*). Первое, как правило, значительно меньше второго, и это обстоятельство помогает понять иллюстрацию 2-12: выходные цепи изображённых там линейного усилителя и устройства обработки не препятствуют

взаимопроникновению технически чужеродных сигналов, что приводит, в лучшем случае, к значительным уменьшениям мощности устройств, и к искажениям их выходных продуктов. А высокие входные сопротивления параллельно включённых приёмников (иллюстрация 2-11) исключают их взаимовлияние при полноценной работе от сигналов одного источника.

Случаем идеального согласования *импедансов* является их равенство. В распространённых практических сочетаниях *входное сопротивление приёмника должно быть значительно больше выходного сопротивления источника*. Это особенно актуально при подключении к какому-нибудь усилителю звукозаписывающего музыкального инструмента: здесь нарушение указанного правила приведёт к искажению **АЧХ** передаваемого сигнала, поскольку импеданс у электромагнитных звукозаписывающих устройств с повышением частоты растёт, а у пьезоэлектрических — падает.

Существуют несимметричные (однофазные) и симметричные (бифазные) электрические линии, с помощью которых производится коммутация различных электроакустических устройств (иллюстрация 2-13).

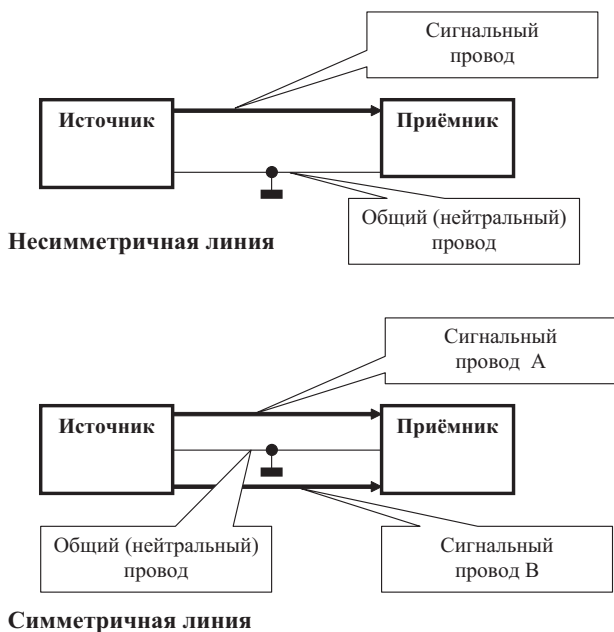


Иллюстрация 2-13

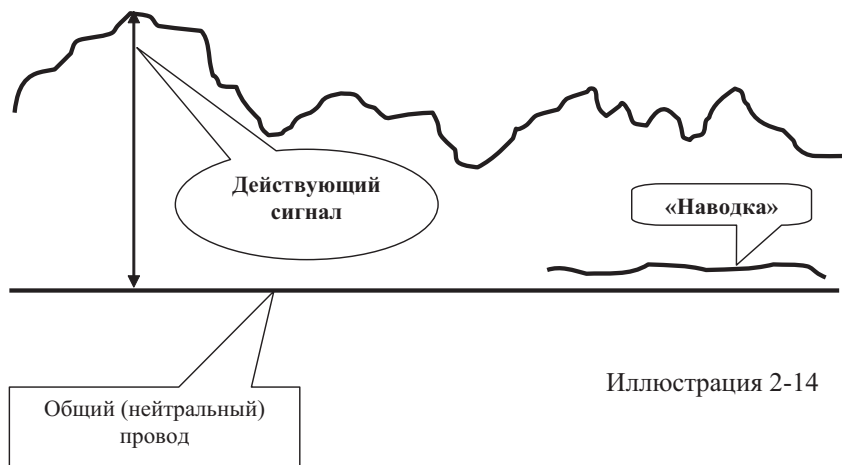


Иллюстрация 2-14

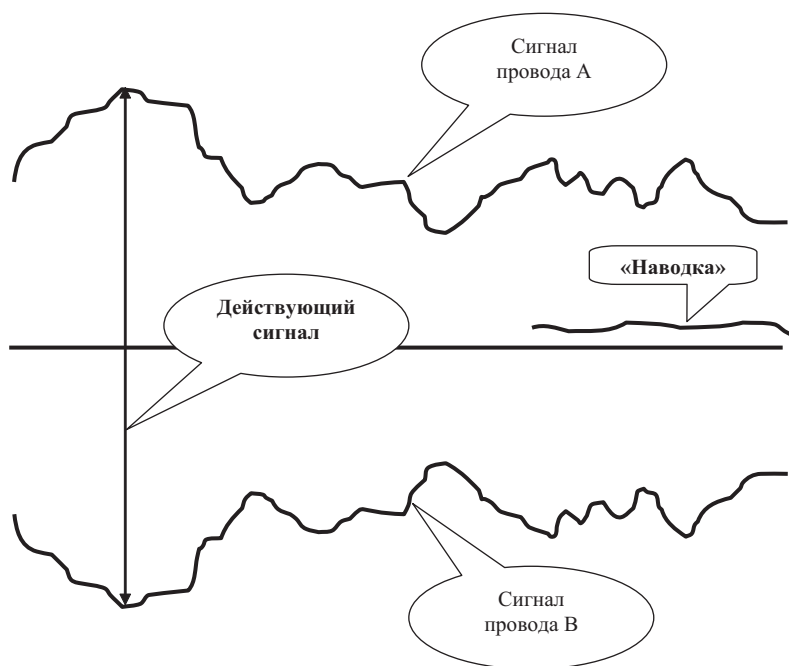


Иллюстрация 2-15

Несимметричные входные цепи приёмников проявляют свою чувствительность к сигналу, изменяющемуся относительно нейтрального провода (рис. 2-14), тогда как симметричные — реагируют на взаимную разницу сигналов в проводах А и В (рис. 2-15).

Несимметричные цепи конструктивно проще симметричных, и если длина коммутационной линии мала, то ими вполне можно обходиться. Кроме того, схемотехника несимметричных цепей менее пагубна для крайних высокочастотных, а иногда и низкочастотных компонент сигнального спектра.

Однако, любому известно слово «наводка», означающее в данном контексте помеху, сигнал от внешних электромагнитных полей, окружающих соединительный кабель. При несимметричной линии «наводка» попросту суммируется в сигнальном проводе с полезной информацией, и если длина кабеля измеряется десятками метров, то уровень приобретённых шумов становится весьма заметным.

Иначе обстоит дело в случае симметричных цепей. Из рисунка 2-15 видно, что действующий входной сигнал суть алгебраическая разность между *взаимно-противофазными* сигналами проводов А и В, находящихся внутри общего кабеля. Если бы «наводка» на провод А, вопреки природе, также была противофазной по отношению к «наводке» на провод В, то и результирующая помеха оказалась на том же уровне по отношению к полезному сигналу. Но сигналы «наводки» для обоих проводов, расположенных в непосредственной близости друг от друга, являются одинаковыми, синфазными, следовательно, их разность как действующий на вход приёмника *паразитный сигнал*, теоретически равна нулю. В реальных случаях уровень шума от «наводок» в длинных симметричных линиях на 30–40 дБ ниже такового у несимметричных.

Всевозможные сочетания источников и приёмников сигналов образуют совокупный электроакустический тракт, свойства которого влияют как на технические, так и на художественные качества фонографий.

Выдающийся российский акустик Вадим Владимирович ФУРДУЕВ предложил в своё время всю электронную и электроакустическую аппаратуру, используемую звукорежиссёрами, разделить на две категории: устройства, функционально детерминированные, то есть выполняющие строго регламентированные функции, и устройства со свободным доступом, свойства которых, соответственно режиссёрским задачам, могут оперативно меняться. На практике встречаются приборы и аппараты, строго соответствующие такой квалификации, но некоторые виды электроакустических устройств

(например, регулируемые микрофоны) не принадлежат той или иной категории безоговорочно.

§ 2-3. Функционально детерминированные устройства

В первую очередь, к таковым следует относить различного рода преобразователи сигналов. Преобразование сигналов из одного вида в другой звукорежиссёр может наблюдать, по меньшей мере, четырежды. Первый же прибор, с которого начинается вся технологическая цепочка звукозаписи — микрофон, преобразует акустические сигналы в электрические; функция преобразования для каждого типа микрофонов — строго определена. В идеальном случае электрический сигнал на выходе микрофона адекватен акустическому сигналу, действующему на его звукоприёмную часть, и мы можем считать, что это функционально детерминированное устройство само по себе не вмешивается в звукопередачу, являясь безынициативным инструментом в руках звукорежиссёра (подробнее см. в главе «**МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**»).

Второй, обратный вид преобразования происходит у громкоговорителя, превращающего электрические сигналы в аналогичные механические, суть акустические. Функциональное качество этого устройства так же детерминировано, и даже если оно невысоко, звукорежиссёр не в силах (по меньшей мере, без помощи инженеров) влиять на результат преобразования.

Ещё два вида функционально детерминированного преобразования представляют аппаратуру записи и воспроизведения звука. Входной сигнал данных устройств при записи, также как и выходной при воспроизведении, в настоящее время — всегда электрический. Сам способ преобразования определяется видом фонограммы: для механической записи электрический сигнал превращается в колебания резца, создающего в совокупности с последующей технологией грампластинку; при воспроизведении последней механические колебания иглы звукоснимателя преобразуются в электрический сигнал, адекватный исходному. В случае магнитной звукозаписи электрический сигнал порождает переменное магнитное поле головки записи магнитофона, оставляющее на ленте след

в виде остаточной намагниченности; магнитные сигналы преобразуются в электрические головкой воспроизведения.

При правильной юстировке и регламентированной эксплуатации современная аппаратура записи и воспроизведения не вносит в звукопередачу заметных искажений и дополнительных помех; во всяком случае, обсуждение этого вопроса выходит за рамки нашей книги. Будем считать эти устройства также «не вмешивающимися» в качество сигналов — для профессиональных магнитофонов такое допущение вполне приемлемо.

До сих пор мы полагали, что все текущие значения амплитуд исходных сигналов повторяются в текущем значении амплитуд преобразованных сигналов: акустические колебания полностью аналогичны электрическим, электрические — магнитным, и так далее. Это справедливо лишь для устройств, которые как класс носят этимологически родственное название: *аналоговые*.

Особый тип аппаратуры сегодня представлен огромным рядом устройств для записи, редактирования и воспроизведения звука в цифровой форме. У этих приборов, кроме взаимопреобразований электрических, магнитных и оптических сигналов существует еще особый вид преобразования, связанный с представлением сигналов в ином математическом виде — так называемом двоичном коде.

Не вдаваясь в подробности сугубо технического характера, заметим только, что если аналоговые способы звукопередачи оперируют в допустимом диапазоне амплитуд всеми мыслимыми их значениями, то цифровые методы пользуются приблизительным выборочным измерением текущей величины входного сигнала. Результату измерения придаётся значение в двоичной системе счисления (1, 0 взамен 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) ради оптимизации работы электронных устройств, передающих лишь легко распознаваемые импульсы.

Периодичность, с которой происходят указанные измерения, определяется так называемой *частотой дискретизации* (в некоторой литературе — *частотой отсчётов*, *частотой выборки*, *частотой квантования*). Согласно исследованиям Найквиста, Шеннона и Котельникова, для полноценной передачи *спектра* непрерывного сигнала эта частота должна, по меньшей мере, вдвое превышать частоту верхней спектральной компоненты. Определив предельный частотный диапазон воспринимаемых людьми звуков

в 16–20500 Гц, фирмы «Sony» и «Philips» в 80-х годах XX века разработали цифровой формат «CD-Audio» с частотой дискретизации 44100 Гц. Сразу необходимо заметить, что если в смысле физики слуха интервал 16–20500 Гц можно считать обоснованным, то психофизиология слухового восприятия находит актуальным значительно более широкий частотный диапазон, — по некоторым экспериментам — до 150 кГц.

Поэтому в настоящее время для некоторых цифровых технологий частота квантований звукового сигнала увеличена (вплоть до 192 кГц).

Точность измерения текущих амплитуд определяется количеством разрядов двоичного кода. Существующие цифровые аудио форматы используют от 16 до 24 разрядов; во внутренних цепях некоторых устройств обработки сигналов и в аудиоредакторах персональных компьютеров их количество возрастает до 64.

Понять, чем ограничивается амплитудная безошибочность цифровой передачи, несложно. Давайте, уподобим количество разрядов при цифровых преобразованиях количеству делений на шкале любого измерительного инструмента, например, линейки. Если эта шкала — дециметровая, то на метровой линейке умещается всего 10 делений, а максимальная ошибка измерения «на глаз» составит половину цены деления, т. е. ± 5 сантиметров. Вряд ли с помощью такого «прибора» можно точно определить толщину спички, однако погрешность ± 5 см. при гипотетическом измерении такой линейкой расстояния от Земли до Луны поставила бы дерзнувшего в один ряд с Евклидом, Архимедом и Пифагором.

Аналогично, абсолютная погрешность передачи мгновенного значения сигнала при «оцифровке», равна

$$\pm \frac{0,5 U_{\text{ном.}}}{2^n}$$

Здесь $U_{\text{ном.}}$ — предельная амплитуда аналогового сигнала, а n — количество разрядов двоичного цифрового кода. Ясно, что чем выше число разрядов, тем меньше отклонение измеренного сигнала от его истинного значения. Ясно также, что при передаче больших сигналов ошибка не так актуальна, как для малых. Отсюда вытекает важное правило:

при работе с цифровыми, особенно 16-разрядными, звукопередающими трактами режиссёр не должен увлекаться

слишком низкими уровнями сигналов, доверяясь теоретически обещанному динамическому диапазону в 96 дБ!

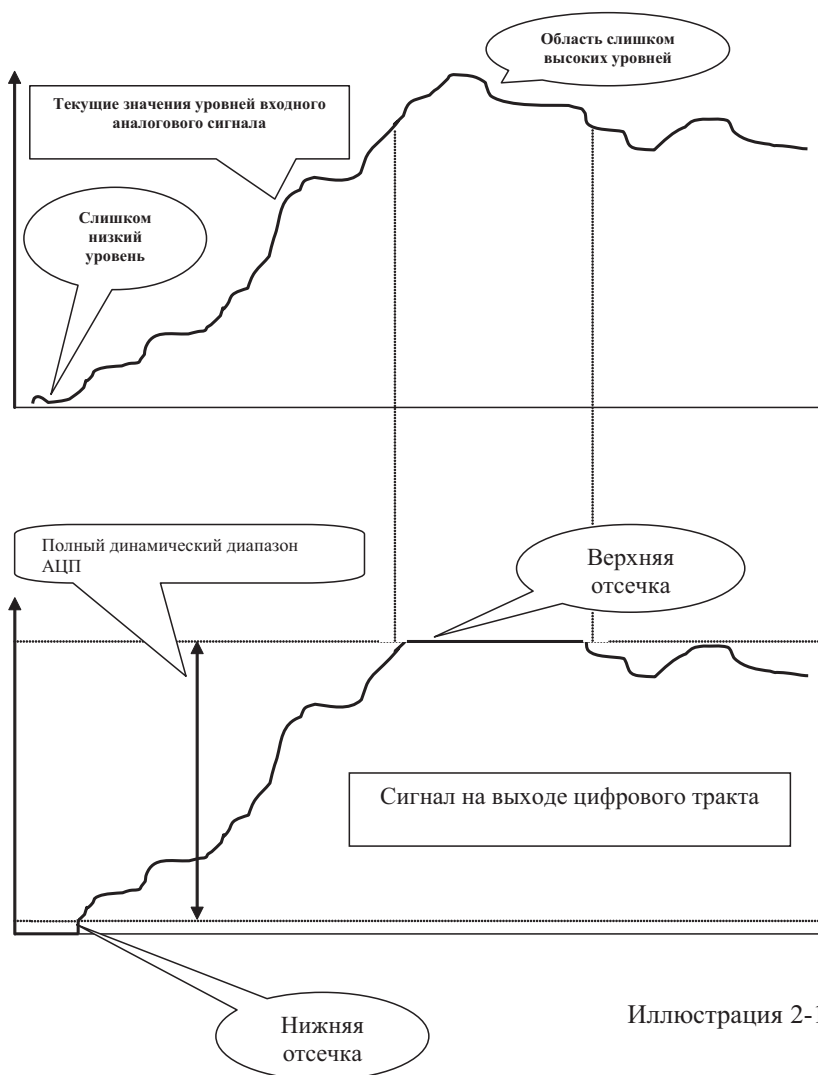


Иллюстрация 2-16

Реальная погрешность работы аналого-цифровых преобразователей (АЦП), так называемый **шум квантования**, ограничивает динамику, по меньшей мере, на уровне минус 76 — минус 80 дБ. Конечно, это значение ощутимо выше, чем у аналоговых магнитофонов, тем более грампластинок, однако слишком слабые

звуки, к примеру, окончание реверберационного процесса, как только величина сигнала станет ниже первого деления шкалы отсчёта цифрового тракта звукозаписи, исчезают, став «мёртвой» паузой, в то время, как в аналоговых звуковых системах, несмотря на завесу шума магнитных лент, грампластинок, фотографических фонограмм, спадающий отзвук ощущается нами столь же долго, сколько он ощущался бы в концертном зале или тонаталье.

Сказанное в максимальной степени характерно для 16-разрядного традиционного формата **CD AUDIO**. Современные системы цифровой звукопередачи, работающие в режиме так называемой «плавающей запятой» (**32 Float**), работают с гораздо большей точностью. Но, помня о конечном носителе записи, к текущим уровням сигналов следует относиться с особенным вниманием.

На иллюстрации 2-16 показан диапазон аналого-цифрового преобразования, за пределами которого изменения мгновенных значений текущего сигнала становятся неразличимыми. Ситуация в нижней части этого диапазона только что была прокомментирована. Что до верхней части, то резкое искажение формы входного сигнала вследствие его отсечки является необратимым, и это диктует второе важное правило:

При работе с любыми цифровыми трактами не допускайте даже приближения уровня входного сигнала к предельному значению (0 дБ). Индикаторы текущего уровня в большинстве своём инерционны и далеко не всегда отмечают непродолжительные всплески сигнала; между тем, пик-фактор может вызвать короткие перегрузки АЦП, что приводит к появлению хорошо слышимых щелчков или тресков.

К числу функционально детерминированных устройств относятся также различные усилительные устройства с константными параметрами, источники питания аппаратуры, т. п. Все они находятся в компетенции студийных инженеров и, поскольку их выбор звукорежиссёром возможен далеко не всегда, подробный анализ этих приборов здесь не проводится. Желающие могут получить исчерпывающие сведения о них в специальной литературе.

Исключительный практический интерес для нас представляет класс устройств, манипулируя которыми, мы трансформируем сигналы художественным образом, создавая звуковую картину.

§ 2-4. Устройства со свободным доступом

К их числу относятся приборы для всевозможной обработки сигналов, уже претерпевших акустико-электрические преобразования. Часть из них рассматривается в главах «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**» и «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**». Здесь же внимание будет уделено устройству, являющемуся ядром любой студийной аппаратной или программного аудиоредактора — звуко-режиссёрскому пульту.

С точки зрения структурного анализа, пульт звукорежиссёра представляет собой сложное разветвлённое *коммутационное устройство*, позволяющее в произвольных конфигурациях связывать между собой как внутренние собственные звенья (блоки, отделы, цепи), так и внешние приборы, источники и приёмники электрических сигналов. Максимальная оперативная коммутационная свобода является важнейшим параметром, определяющим для звукорежиссёра рабочее удобство пульта.

Принципиальная блок-схема звукорежиссёрского пульта приведена на иллюстрации 2-17.

Здесь прямоугольники с надписью «**In**» изображают входную секцию пульта, средоточие ячеек-*приёмников* сигналов от внешних *источников*, каковыми являются микрофоны или более мощные (линейные) приборы: устройства воспроизведения фонограмм, электромузыкальные инструменты, т. д. Число этих ячеек (их называют *входными каналами*) для каждой модели пульта — своё, и колеблется от 2 до 64.

Внутренний коммутатор пульта посылает выходные продукты отдельных каналов в смесители, где в пропорциях, регулируемых звукорежиссёром, образуются суммарные сигналы, направляемые в те или иные *выходные каналы*.

Последние обозначены на нашей схеме надписью «**Out**». Будучи *источниками* сигналов для иных устройств, выходные каналы в количестве, превышающем иной раз 50, подключаются стационарно или оперативно как к основным аппаратам записи или передачи (так называемый вариант «**MAIN**»), так и ко множеству вспомогательных цепей, именуемых «**линиями AUX**». Последние могут соединяться с дополнительными *приёмниками* сигналов: приборами для различной обработки звука, усиленными устройствами для, например, трансляции звукового

материала в головные телефоны артистов, находящихся в тональте, т. п.

Мониторная панель пульта обеспечивает возможность подключения к контрольным громкоговорителям режиссёрской аппаратурной и ко всевозможным измерительным приборам суммарных или одиночных сигналов в любых сочетаниях. В некоторых моделях пультов отдельная мониторная панель (*split monitor*) может быть снабжена дополнительным разветвлённым собственным коммутатором; часть мониторингового отсека бывает иногда оторвана от единой конструктивной области и рассредоточена по всему пульта (*in-line monitor*). Обширный мониторинг необходим при так называемой многоканальной технологии записи.

Произвольные соединения выполняются в поле **коммутационной панели**, где сосредоточены электрические разъёмы (как правило, в виде гнёзд с прилагаемыми короткими шнурами со штекерами). Эти гнёзда стационарно связаны со входными и выходными цепями внешних устройств, а также с различными входными или выходными схемными точками внутренних отделов самого пульта. Кроме этих точек, пульт имеет контрольные точки для проверки уровня выходного сигнала каждого отдела (блока).

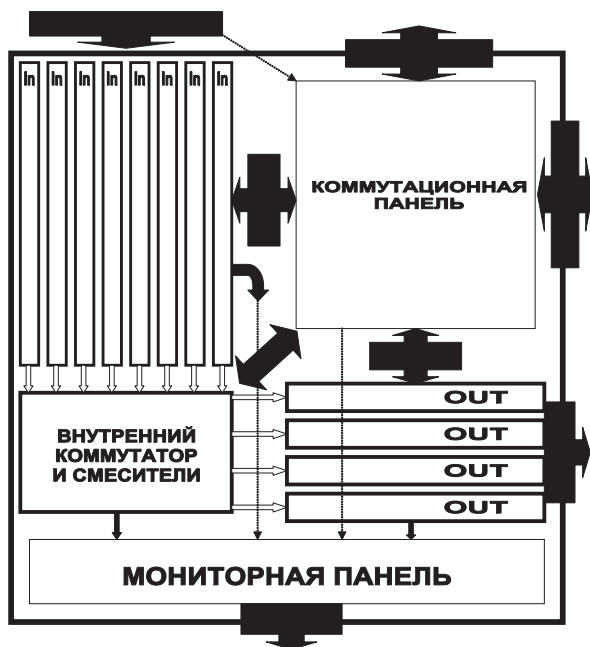


Иллюстрация 2-17

Структура отдельного входного канала

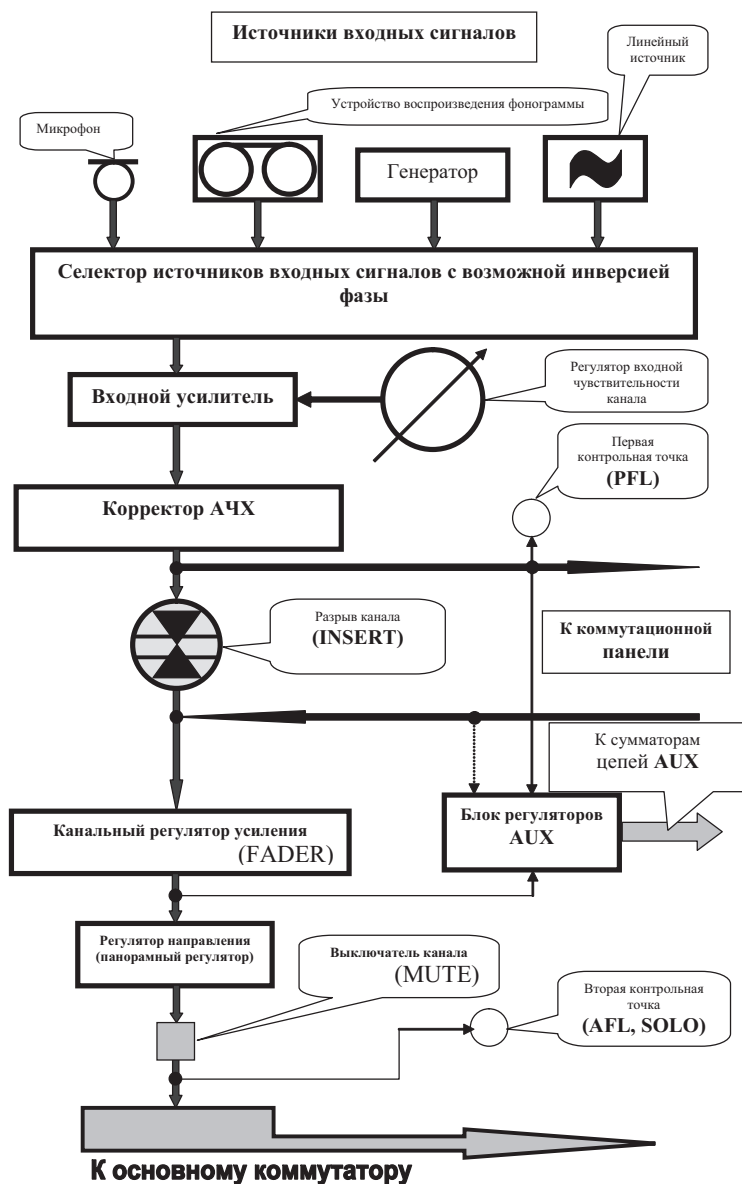


Иллюстрация 2-18

На иллюстрации 2-18 изображена принципиальная блок — схема входного канала звукорежиссёрского пульта. Индивидуальные конструкторские решения могут вносить незначительные различия в структуру канала, однако его основные узлы в том или ином виде присутствуют не только в любом физическом пульте, но даже в цифровом пульте с компьютерным процессором, — там алгоритм имитации физического устройства также восходит к подобному структурному принципу.

Сигнал во входную часть канала поступает от одного из возможных источников (микрофон, линейное устройство, тест-генератор) через селектор. Переключение режима работы селектора автоматически корректирует диапазон регулировки входной чувствительности канала, либо делает активным соответствующий регулятор, если их несколько. У самых простых пультов входной селектор может отсутствовать; при этом единственный, относящийся к данному каналу, входной разъём на консоли пульта подключается к любому источнику сигнала, а чувствительность входной цепи вручную приводится в соответствие с его уровнем.

Регуляторы входной чувствительности могут быть одноэлементными либо двухэлементными. В последнем случае ступенчатым переключателем выбирают оптимальный поддиапазон настройки, в пределах которого другим регулятором плавно устанавливают необходимый режим (подробно об этом — ниже).

Дополнительным манипулятором во входном звене пульта является переключаемый инвертор фазы входного сигнала, что позволяет, в случае необходимости, оперативно устранить взаимную противофазу сигналов у пары связанных электрических или акустических источников.

Для питания конденсаторных микрофонов ко входным цепям подключается внутренний источник постоянного напряжения +48 в.

Входные микрофонные усилители по схемотехнике делятся на два основных класса: трансформаторные и бестрансформаторные. С точки зрения электроакустических качеств первые в сравнении со вторыми обеспечивают более мягкое звучание и меньший уровень совокупных шумов входных звеньев. Но дороговизна высококачественных звуковых трансформаторов ограничивает их повсеместное применение, и входные цепи сравнительно дешёвых пультов изготавливаются на основе интегральных схем, единствен-

ное преимущество которых — значительно более широкий частотный диапазон передачи, включая ультразвуковую область, что, впрочем, при работе с аппаратурой цифровой записи не так актуально, если не сказать вредно.

Следующим звеном канала является переключаемый (**ON/OFF**) блок корректора амплитудно-частотной характеристики канального сигнала. Он состоит из определённого для каждой модели пульта числа электрических фильтров, свойства и назначения которых подробно описаны в главе «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**».

Суммарное усиление входного сигнала определяется чувствительностью канала и настройкой корректора **АЧХ**. Первая же схемная точка, в которой контролируется уровень канального сигнала — это выход корректора. Большинство пультов снабжено кнопкой с надписью **PFL** (*Pre Fader Listen* или *Pre Fader Level*); с её помощью контрольная точка подключается к индикатору уровня **PFL** или к общему мониторинговому индикатору, так же локальным оказывается и слуховой контроль — мы слышим только *сигнал входного блока данного канала*. Показания индикаторов при оптимальной настройке входной чувствительности не должны превышать 0 дБ для пиковых значений сигнала; это гарантирует отсутствие электрических перегрузок.

Обратите внимание на участок с надписью «**INSERT**». Это, в большинстве случаев, — *авторазмыкающееся соединение*, расположенное либо на внешней стороне консоли пульта, либо в коммутационной панели. Если к нему ничего не подключено, сигнал после входного блока проходит дальше, к канальному регулятору усиления (**FADER**). Подключение к разъёму **INSERT** специального соединительного шнура приводит к разрыву канала таким образом, что его сигнал может быть отведён ко входу любого дополнительного *приёмника*, а цепи канала, расположенные (по схеме) ниже точки **INSERT**, соединяются с выходом любого дополнительного *источника*. В большинстве случаев, указанным дополнением является устройство для специфической обработки звуковых сигналов, не входящее в состав стандартного канала пульта (например, прибор «**FLANGER**» на иллюстрации 2-19).

Некоторые творческие обоснования для использования цепей **INSERT** приведены в главе, посвящённой редактированию фонографий.

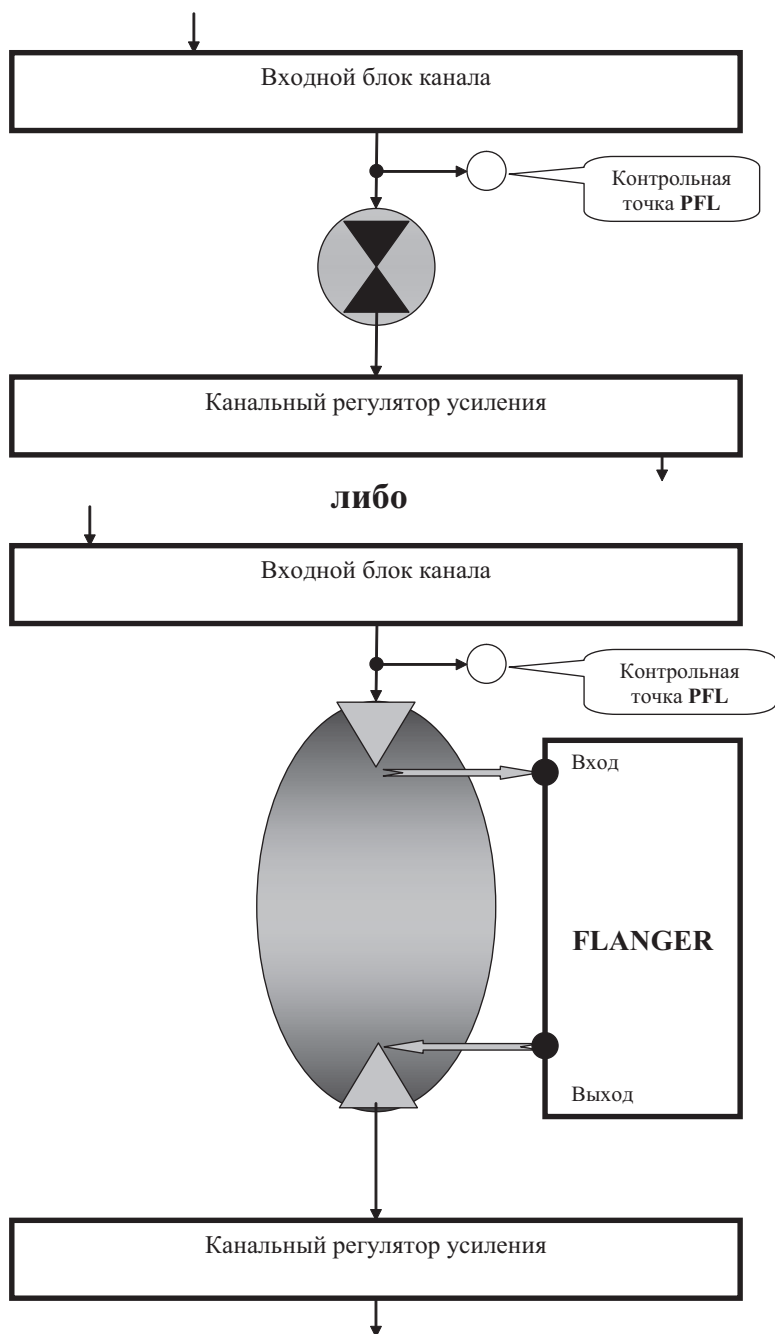


Иллюстрация 2-19

В блок канального регулятора усиления входит основной манипулятор для установки требуемых громкостных соотношений в записываемой или передаваемой в эфир программе. Его английское название **FADER** (*fade* — постепенно исчезать) означает возможность плавного изменения (в том числе, конечно, и увеличения) уровня канального сигнала.

Сюда же входит и устройство для создания определённого азимута виртуального источника звука в стереофонической картине — *панорамный регулятор* или *регулятор направления*. В главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**» о нём рассказывается подробнее.

Уровень сигнала на выходе блока канального регулятора усиления проверяется в контрольной точке, именуемой **AFL** (*After Fader Level*) или **SOLO**. При этом в мониторы и к индикаторам уровня поступает только сигнал контролируемого канала, остальные отключаются. Следует помнить, что показания приборов в режиме **AFL** зависят не только от положения манипулятора **FADER**, но, в случае стереофонии, и от положения панорамного регулятора.

Далее канальный сигнал поступает к основным кнопочным коммутаторам пульта, направляющим его к тем или иным сумматорам, где он смешивается с сигналами других *входных каналов* (см. иллюстрацию 2-17). Расположенная в каждом из каналов кнопка с надписью «**MUTE**» исключает собственный сигнал из суммы. Сами сумматоры связаны с *выходными каналами* пульта, снабжёнными регуляторами уровня полученных сигнальных смесей.

Большинство кнопочных коммутаторов сконфигурировано по так называемому матричному принципу (иллюстрация 2-20), и их использование даже при большой разветвлённости проблем не вызывает. Конкретные конструктивные различия связаны со способами объединения сигналов отдельных каналов в группы, чтобы одним манипулятором можно было управлять суммарным уровнем частичной смеси без случайного нарушения её внутренних пропорций. Для этой цели либо применяют сумматоры так называемых субгрупповых каналов, либо с помощью дополнительных коммутаторов связывают воедино произвольное число цепей управления полуавтоматическими канальными регуляторами уровня, если таковые имеются. В последнем случае одному из этих регуляторов назначается функция «**MASTER**»; изменения его положения

повлекут за собой равнозначные изменения коэффициентов передачи во всех объединённых каналах.

Наконец, выходные сигналы главных сумматоров поступают во входные цепи устройств для записи или радиопередачи.

Выход корректора **АЧХ** и выход блока канального регулятора усиления связаны с переключаемыми цепями линий **AUX**. С их помощью сигнал, проходящий в каждом канале, также может быть ответвлён в коммутационную панель или к внешним разъёмам пульта для подачи на вход каких-либо дополнительных электроакустических устройств. Доля ответвляемого сигнала может регулироваться независимо от положения манипулятора **FADER**; в этом случае цепь **AUX** подключается к области **PFL**. Если же цепь **AUX** подключена к выходному звену канала, то ответвляемый сигнал пропорционален ещё и общему канальному усилению. Указанные оперативные переключения соответствуют стандартизованным надписям «**PRE**» или «**POST**» вблизи органов управления цепями **AUX**.*

Количество линий **AUX** в современных звукорежиссёрских пультах может достигать до 16; как правило, они моноканальные, но встречаются и сопряжённые стереоканальные, с собственным панорамным регулятором. Применение линий **AUX** позволяет подать несколько различных сигналов, в регулируемых пропорциях, на вход одного и того же прибора обработки звука, например, ревербератора. При этом выходные сигналы внешнего устройства подводятся к линейным входам свободных ячеек. Впрочем, некоторые пульты имеют штатно зарезервированные возвратные каналы «**AUX RETURN**». Конструктивно они упрощены: в них могут отсутствовать высокочувствительные входные усилители, корректоры **АЧХ**, т. е., зато их наличие в маленьких пультах позволяет решить проблему дефицита входных каналов.

Отдельная коммутационная панель является средоточием большого числа соединительных гнезд. Они связаны со входными и выходными точками внутренних отделов пульта, с цепями **INSERT** и **AUX**, а также со входами и выходами внешних электроакустических приборов.

* Аспекты творческого использования этих двух вариантов подробно рассмотрены в главе «**Фонографическая композиция**».

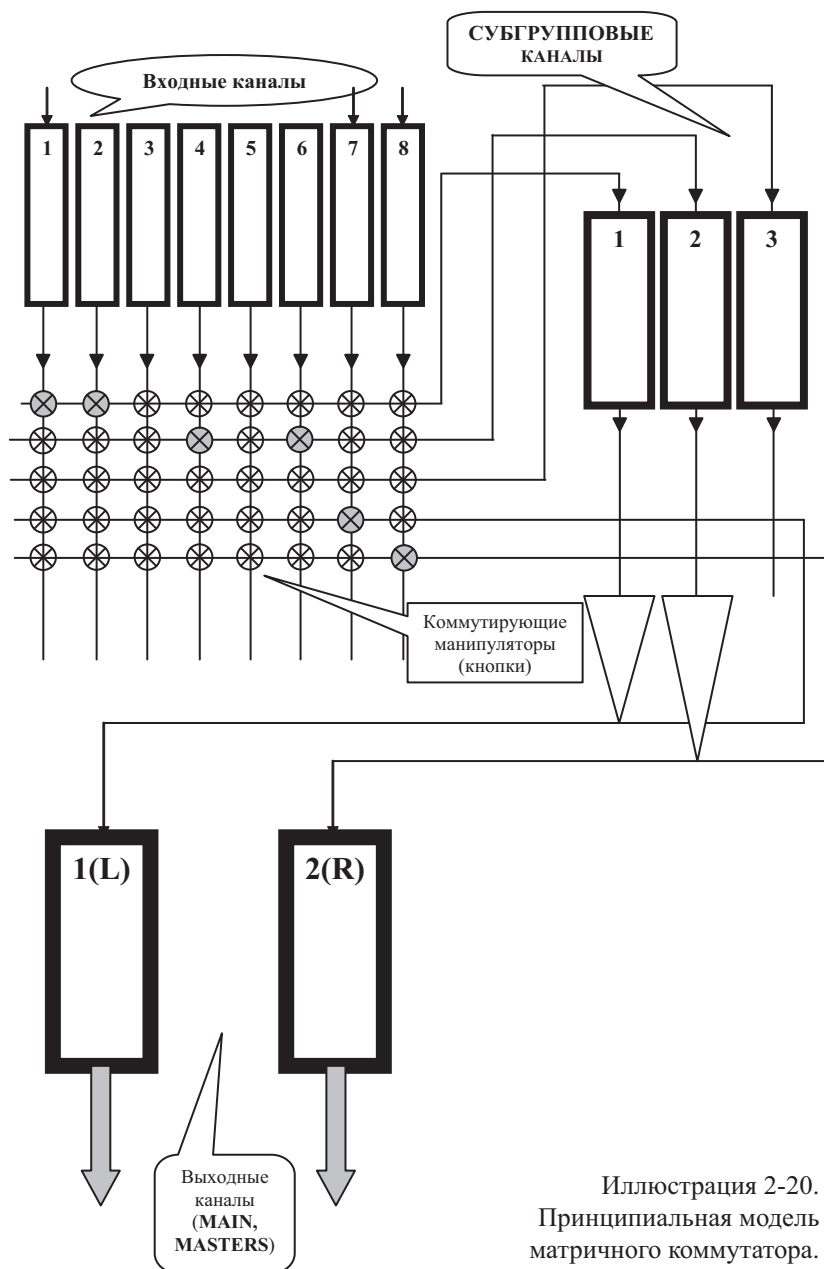


Иллюстрация 2-20.
Принципиальная модель
матричного коммутатора.

Структура виртуальных звукорежиссёрских пультов в компьютерных аудиоредакторах во многом аналогична рассмотренной. Наиболее развитые программы для универсального использования в режимах записи, звукомонтажа и сведения многодорожечных фонограмм восходят к более чем полувековому профессиональному опыту звукорежиссёров и электроакустиков. Как и в физических пультах, мы встречаем здесь свободу коммутаций выходных сигналов, их подгрупповое суммирование, ответвление в линии *AUX* по любому из описанных вариантов, наличие цепей *INSERT*, да ещё с огромным списком предлагаемых устройств для специфической обработки звука.

Существует лишь несколько отличий программных пультов от физических. Во-первых, число каналов в них может возрасти до десятков сотен, то есть, практически, неограниченно; также огромно и число цепей *INSERT* и *AUX*. Во-вторых, если в физическом пульте в одном канале действует единственный, монофонический сигнал, то канал компьютерного аудиоредактора может быть определён, как стереофонический; тогда по нему проходит совмещённый («*Stereo Interleaved*») сигнал, и любые воздействия на стереопару оказываются строго согласованными («*Link*»). В-третьих, поскольку входной сигнал каждой ячейки виртуального пульта строго детерминирован по номинальному уровню, то отпадает необходимость в контрольной точке *PFL*, а для проверки величины сигнала используется режим *SOLO* и (или) индикация уровня в любом устройстве собственных средств обработки звука, подключённом к каналу в цепях *INSERT* или *AUX*, либо в дополнительных программных устройствах, так называемых *Direct X PlugIns*.*

Но самое экзотическое отличие звукорежиссёрского виртуального пульта в компьютерном аудиоредакторе состоит в возможности оперативного изменения последовательности участков прохождения сигнала по отдельному каналу. Если в физическом пульте техническая конфигурация канала строго определена раз и навсегда, и изменить её, в редчайших случаях, могут только инженеры, путём непростой перепайки межблочных соединений, то в программном пульте каждый канал предоставлен звукорежиссёру, как звено «со свободным доступом». Так, например, на самом входе канала может расположиться устройство для обработки звука,

* Подробно об этих «вставках» рассказывается в главе «ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ПАЛИТРА ЗВУКОРЕЖИССЁРА»

или панорамный регулятор, а непосредственно перед выходным коммутатором можно включить корректор АЧХ, и т. д.

Ясно *a priori*, насколько возрастают творческие возможности звукозаписи, и дальнейшее вникание в профессию многократно подтвердит это заявление.

На иллюстрации 2-21 приведен фрагмент виртуального звуко-режиссёрского пульта компьютерного аудиоредактора «**Samplitude 8 PRO**», являющегося сегодня, по мнению автора, наиболее универсальным и функционально оптимальным программным устройством для записи и прецизионного монтажа музыкальных фонографий.

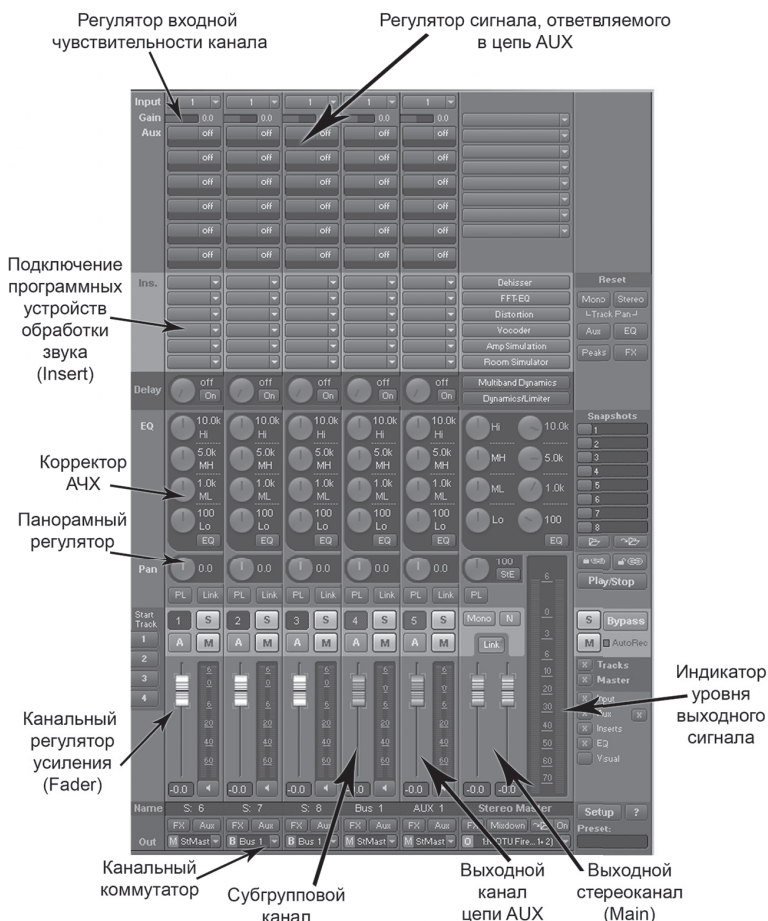


Иллюстрация 2-21

Последовательное прохождение электрического сигнала в описанной цепочечной структуре звукоорежиссёрского пульта,неважно, физического или программно-компьютерного, требует внимательного отношения к его уровню, максимальная динамика которого, в конечном счёте, должна укладываться в допустимые электрические пределы аппаратуры записи или передачи. Контролируя сигнал на различных участках, не надо забывать, что чрезмерное снижение чувствительности каждой очередной входной цепи во избежание возможных перегрузок может потребовать компенсирующего повышенного усиления в следующем звене. Но тогда этому же повышенному усилению подвергнутся собственные шумы предшествующих отделов, что может привести к ощутимому снижению отношения *сигнал/шум* в суммарном продукте. В цифровых же трактах звукопередачи аналогичная ситуация чревата повышенной заметностью «*шума квантования*» или артефактов каких-либо программных обработок звука.

Творческое пользование соответствующими регуляторами приводит к компромиссу между указанными параметрами. Защитная перегрузочная способность входных цепей современных пультов делает вполне достаточной настройку чувствительности канала по максимально громкому звуковому эпизоду, и если при этом показания индикаторов **PFL** не превышают 0 дБ, то можно считать, что оптимум найден. Но следует, пожалуй, учитывать одно обстоятельство: в *forte* во время настройки артисты могут «экономить силы», и на это нужно сделать скидку, в буквальном смысле, некоторое снижение входной чувствительности. Предел же её максимального значения, когда звуковой материал слишком тих, подскажет, к примеру, шум микрофона, ставший вдруг в процессе настройки назойливо заметным.

Более подробную техническую информацию о звукоорежиссёрских пультах можно почерпнуть в литературе по электроакустике, оборудованию студий, электронике. Дополнительные сведения содержатся в главе, посвящённой редактированию фонограмм.

В главах «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**» и «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**» описан ряд электроакустических устройств со свободным доступом, составляющих большую часть технической палитры звукоорежиссёра. Все эти устройства позволяют делать более яркими собственные свойства обрабатываемого

материала, дополнять их экзотическими привнесениями, а подчас в корне изменять звуковую природу.

Однако, не меньший интерес представляют приборы, назначение которых почти служебное — они могут не сообщать звуку специфической окраски, занимаясь лишь тем, чтобы большие по своей динамике сигналы поместить в «прокрустово ложе» динамического диапазона звукопередачи, доступного сегодняшним звуконосителям.

§ 2-5. Приборы для динамической обработки звуковых сигналов

Динамический диапазон звуковых сигналов в программе, например, оркестровой или хоровой музыки может превышать 80–90 дБ. Если принять во внимание, что для современных цифровых 16-разрядных трактов (формат «**AUDIO CD**») из-за шума квантования нежелательно использование, по меньшей мере, 10–16 дБ нижней части их амплитудной характеристики, а во время записи студийного оригинала, во избежание резких отсечек на случайных «пиках», нужно быть осторожным с максимальными значениями сигнала, и работать со страховочным запасом в 3–6 дБ, то реальный динамический диапазон звукопередачи составит $96 - 22 = 74$ (дБ). Ещё большие ограничения существуют в аналоговых трактах: 50–56 дБ для магнитной звукозаписи, 40–46 дБ для механической и менее 40 дБ для фотографической фонограммы кино.

Ясно, что при таких обстоятельствах адекватная передача оригинальной динамики может оказаться недоступной. Поэтому динамический диапазон звуковых сигналов часто уменьшают («сжимают») в устройствах со свободным доступом ещё до того, как произойдёт запись или радиопередача.

Существует и другое основание для сжатия динамического диапазона отдельных звуковых компонент в сложной, насыщенной фонографической фактуре. Оно связано со взаимной психоакустической маскировкой различных сигналов. Восприятие звука в тишине, когда отчётливо слышны и *forte* и *pianissimo*, сильно изменяется при других условиях: если данному звуку сопутствует какое-нибудь акустическое окружение, *pianissimo* иной раз может оказаться неслышимым. Чтобы этого избежать, приходится

превращать *pianissimo* в *mezzo-piano* или маскирующее *fortissimo* в *mezzo-forte*, сужая тем самым исполнительскую динамику, музыкальную выразительность.

В былые годы регулирование динамического диапазона при звукопередаче выполнялось вручную. Предварительно ознакомленный с музыкальным материалом, звукорежиссёр во время микрофонной репетиции определял те фрагменты, в которых уровень сигнала выходил за динамические пределы, дозволенные электроакустической аппаратурой. При проведении записи усиление выходных каналов регулировалось со значительным опережением во времени так, что к кульминации оно оказывалось уже заведомо меньшим, а к чрезмерно тихому эпизоду — заведомо большим своего среднего значения. Постепенные плавные изменения коэффициента передачи не вызывали у слушателя ложных динамических ощущений благодаря психоакустической адаптации.

Хрестоматийным примером звукорежиссёрской регулировки музыкальной динамики является фонография «Болеро» М. Равеля, где оркестровое движение развивается в максимальных пределах от *ppp* до *fff*, превышая диапазон в 100–110 дБ. К своему стыду, я не мог установить имени автора первой удачной записи этого произведения, но опыт превентивной регулировки был повторен многими коллегами.

Современная музыкальная эстетика популярных жанров основана на минимальной динамике, как для совокупного звучания, так и для отдельных вокальных или инструментальных голосов. И при работе, к примеру, с вокалистами, добрая часть которых, увы, не имеет профессиональных навыков пения, вообще невозможно предугадать, когда они зашепчут, а когда закричат. В таких случаях ручная поправка усиления неприемлема. Здесь на помощь приходят широко распространённые сегодня автоматические регуляторы динамики. В их числе — приборы для сжатия динамического диапазона, именуемые **электроакустическими компрессорами**, и их разновидность — приборы для ограничения динамического диапазона, за которыми закрепилось латинское название **LIMITER**.

Борьба с шумами, сопутствующими сигналам или внесёнными электроакустическим трактом, породила ещё одно семейство

авторегуляторов, расширяющих динамический диапазон передачи. Общее название этого класса приборов — **электроакустические экспандеры**; в их число входят устройства шумопонижения (**NOISE REDUCTION**) и шумоподавления (**NOISE GATE**).

Принципиальные структурные схемы всех динамических регуляторов одинаковы. Приборы имеют основной канал прохождения сигнала и канал управления, изменяющий *под воздействием обрабатываемого сигнала* коэффициент передачи устройства. Программные компрессоры, ограничители и экспандеры в компьютерных аудиоредакторах (или *plug'ins*), по сути, имеют аналогичные алгоритмы и регулируемые параметры воздействия на динамику сигналов.

Электроакустические компрессоры

Подробное знание принципа действия этих устройств значительно облегчит знакомство с другими представителями динамических преобразователей. Кроме того, тотальное распространение сделало их чуть ли не стандартной частью любого электроакустического комплекса.

Существует ложное мнение, будто при сжатии компрессором динамического диапазона повышается громкость передаваемого сигнала. Этот дополнительный эффект, о чём будет сказано ниже, вовсе не связан с внутренними качествами рассматриваемого автоматического регулятора, а зависит от способа его включения в электроакустический тракт и от выбора режима работы.

К собственно свойствам любого динамического регулятора, в частности, компрессора, относятся четыре характеристики:

1. Амплитудная (динамическая) характеристика.
2. Временная характеристика.
3. Частотная характеристика.
4. Сервисная характеристика.

Амплитудная характеристика в технической документации может быть представлена двояко: как зависимость уровня выходного сигнала компрессора от уровня его входного сигнала (илл. 2-22) или как зависимость от уровня входного сигнала коэффициента его передачи (илл. 2-23). Для звукорежиссёра нет необходимости в подробных знаниях схемотехники компрессоров, важно

усвоить только, что *функционирование прибора есть его реакция на величину входного сигнала*.*

Понимать графики 2-21 и 2-22 надо так. Пока уровень входного сигнала не превышает так называемого *порога срабатывания* (англ.: *Threshold*) компрессора (точка Т, — в нашем конкретном случае — минус 6 дБ от номинального значения), коэффициент передачи прибора равен 1 (0 дБ), и выходной сигнал от входного не отличается. Дальнейшее увеличение входного сигнала вызывает постепенное снижение коэффициента передачи, и выходной уровень достигает 0 дБ лишь при уровне входного сигнала в +12 дБ. Таким образом, диапазон входных уровней в 18 дБ (считая от точки срабатывания) сжимается в диапазон выходных уровней, равный всего 6 дБ.

Степень сжатия (англ.: *Ratio*) динамического диапазона, как и порог срабатывания компрессора являются его регулируемыми параметрами. Шкала установки порога срабатывания всегда градуируется в минус дБ. от номинального уровня, а степень сжатия может обозначаться по-разному:

- как отношение приращений входного и выходного сигналов в диапазоне выше точки срабатывания (в нашем примере — **18:6** (дБ));
- как то же отношение, написанное в абсолютных величинах (у нас — уровень входного сигнала изменился в восемь раз, а выходного — вдвое, следовательно, степень компрессии равна **4**).
- как предыдущее число, выраженное в децибелах (в нашем примере — **12** дБ).

Коэффициент передачи компрессора, согласно графику 2-23, после перехода за точку срабатывания, постепенно уменьшается от 1 до 0,25 (или, в дБ., — от 0 до минус 12).

* В некоторых конструкциях динамических авторегуляторов управляющим является не входной, а выходной сигнал; таким образом, цепи управления получают информацию о результате сжатия/расширения, а не только о текущей величине сигнала.

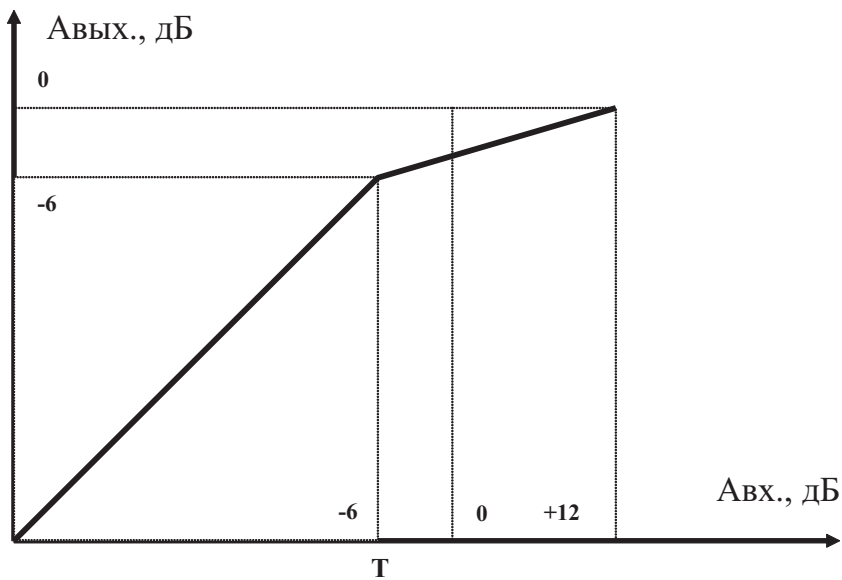


Иллюстрация 2-22

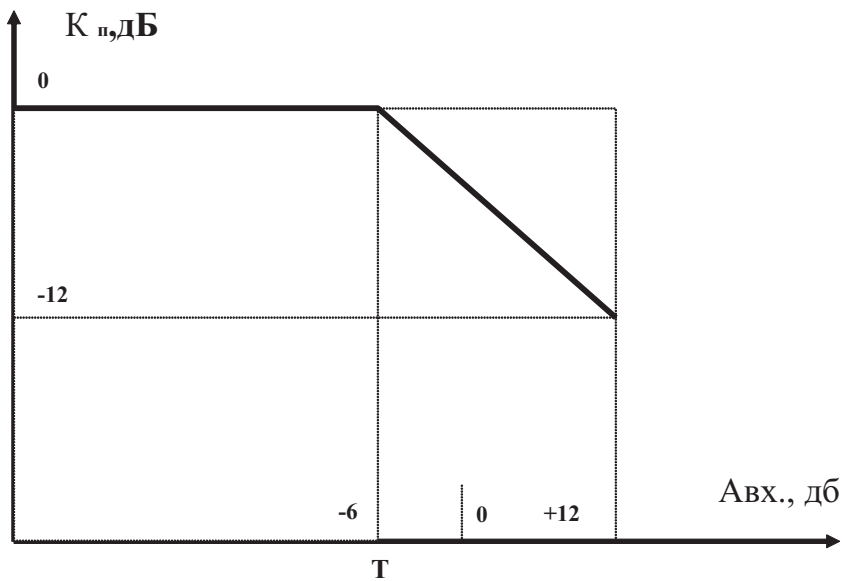


Иллюстрация 2-23

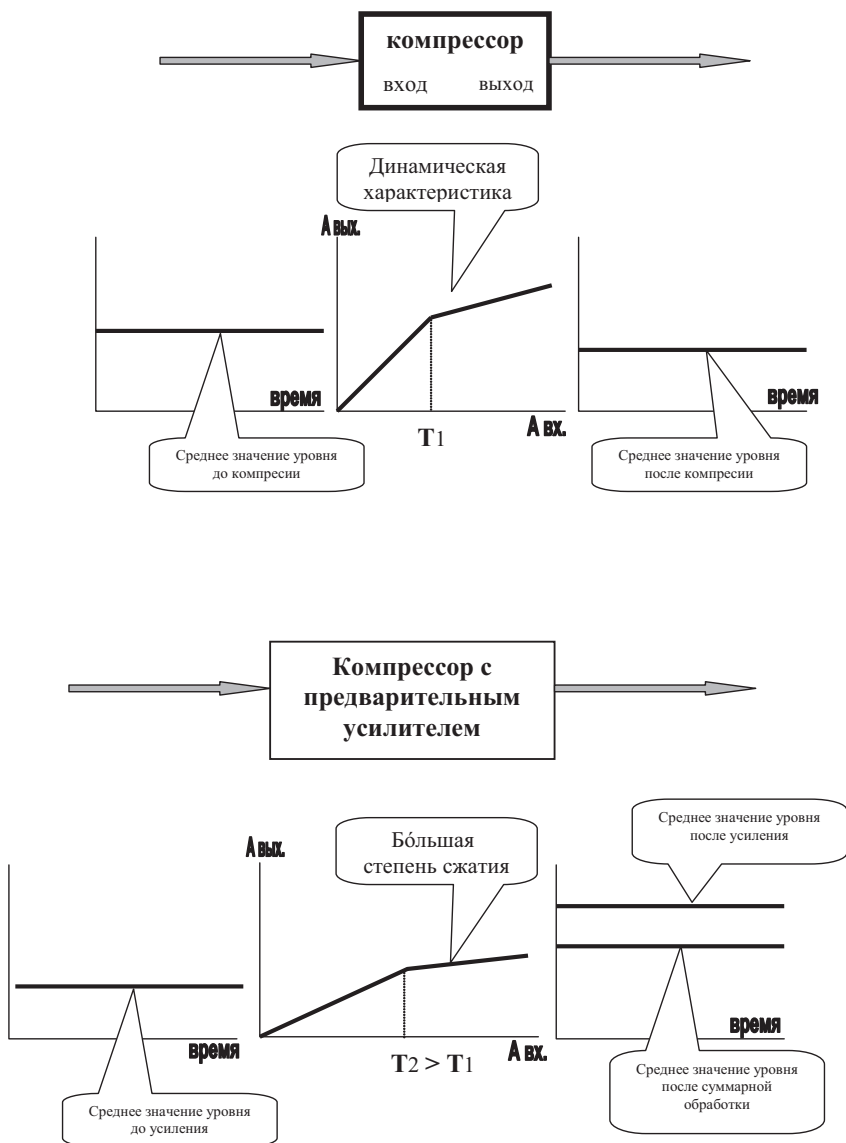


Иллюстрация 2-24

Из динамической характеристики становится понятно, что компрессор сам по себе **понижает** уровень сигналов, превосходящих пороговое значение. В обиходе этот динамический эффект именуется «сжатием сверху». Чтобы получить ощущение прироста

громкости, необходимо в электроакустической цепи, как правило, до компрессора, применить предварительное усиление (англ.: *Gain compensate*), не заботясь (в разумных пределах) о возможных превышениях уровня сигнала на входе динамического регулятора — при оптимальном сочетании порога срабатывания и степени компрессии он сам поможет избежать критических ситуаций. Такой способ использования называется «сжатием снизу».

Сказанное иллюстрируется серией графиков 2-25.

Компрессирование динамического диапазона отнюдь не означает автоматического удерживания выходного сигнала на уровне, не превышающем 0 дБ. Если звуковой сигнал с очень большой динамикой оказывается ещё и непредсказуем в смысле запредельных максимальных значений, то звукорежиссёры применяют специфическую настройку амплитудной характеристики компрессора, превращая его тем самым в прибор, именуемый **лимитером**, динамическим ограничителем. Эта настройка состоит в одновременном увеличении порога срабатывания почти до 0 дБ и степени сжатия — до предельной (теоретически — бесконечной). Такие параметры обеспечивают сохранность динамики входных сигналов вплоть до их граничной величины, что весьма актуально при работе с цифровыми электроакустическими приборами или аппаратурой записи.

Сочетание динамического ограничителя с предварительным усилителем образует устройство с тривиальным названием «Максимайзер». Оно позволяет значительно увеличить ощущение громкости за счёт повышения средних значений коэффициента передачи, но при этом пиковые уровни сигнала не выходят за допустимые пределы.

Временная характеристика компрессоров и ограничителей представлена тремя свободно регулируемыми параметрами: *временем срабатывания (attack time)*, *временем удержания (hold time)* и *временем восстановления (release time)*.

Время срабатывания динамического преобразователя определяет скорость его реакции на появление входного сигнала с уровнем выше порогового. Оно может устанавливаться в пределах от десятков микросекунд до нескольких миллисекунд. Казалось бы, с функциональной точки зрения этот параметр надо сделать заведомо минимальным, чтобы прибор снижал коэффициент передачи моментально. Именно так и настраиваются компрессоры и ограничители в большинстве случаев.

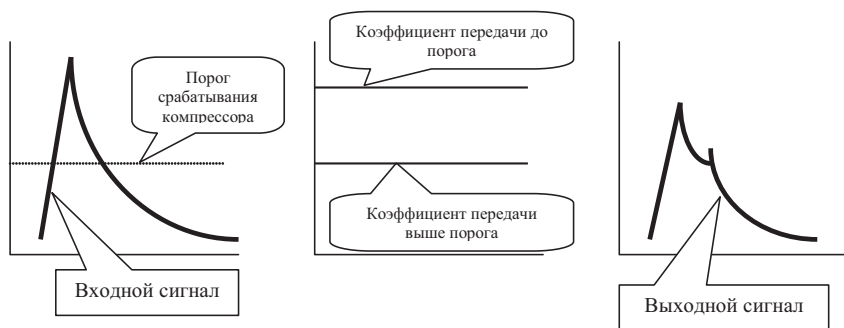


Иллюстрация 2-25

Но два обстоятельства часто диктуют иное решение. Во-первых, безынерционность компрессоров на стадии срабатывания будет неприятна для слуха, адаптированного к устойчивому среднему уровню громкости, ибо незаметные, и технически неактуальные, короткие пики сигнала станут приводить к регулярным скачкообразным громкостным модуляциям;* здесь время срабатывания компрессора следует увеличивать, иногда значительно. Во-вторых, творческое использование приборов позволяет при необходимости акцентировать атаки некоторых звуков; в этом случае реакция компрессора должна быть чуть больше времени нарастания сигнала.

Когда же сигнал спадает ниже порогового значения, динамический регулятор возвращается в исходное состояние, при этом возрастает коэффициенту передачи. Период такой релаксации называется **временем восстановления**. Для того, чтобы работа авторегулятора не обращала на себя особого внимания, этот параметр должен быть не меньше времени адаптации слуха к росту громкости, иначе из-за быстрого повышения коэффициента передачи средний уровень сигнала внезапно может возрасти неадекватно слуховым привычкам. Такой феномен в особенности проявляется на длительных затухающих звуках после, к примеру, яркого *pizzicato* (иллюстрация 2-25).

Практический диапазон времени восстановления составляет 0,5–2 сек., хотя устройства, как физические, так и компьютерные, позволяют менять этот параметр в более широких пределах. В некоторых случаях критерием в выборе времени восстановления может быть минимальная продолжительность пауз в конкретном

* См. ниже о параметре *hold time* — **время удержания**.

звуковом материале — к моменту появления каждого очередного всплеска сигнала прибор должен быть готов к срабатыванию.

Следует указать на ещё один варьируемый параметр динамических регуляторов — *время удержания* прибора в том или ином состоянии (*hold time*). Установка времени удержания возможна далеко не во всех моделях; простые конструкции ограничиваются настройкой лишь времени срабатывания и времени восстановления. Между тем именно *время удержания* позволяет авторегулятору не реагировать на слишком частые перепады уровня входного сигнала во имя сохранения исходных динамических соотношений внутри такого звукового эпизода.

Ясно, что при большом времени удержания бессмысленна установка малого времени срабатывания или релаксации.

История конструирования динамических авторегуляторов знает примеры безынерционных устройств, где все временные параметры равны 0. Если в некоторых случаях можно согласиться с моментальным срабатыванием компрессоров, то время их восстановления не может быть нулевым, и не только по вышеуказанным причинам. Линия убывания звука на левом графике илл. 2-25 — идеализирована. В действительности, любому акустическому затуханию, будь то колебания струны или реверберационный отзвук в помещении, сопутствуют так называемые *флуктуации* — двусторонние отклонения физического процесса от его планомерного течения. У безынерционного компрессора флуктуации входного сигнала вблизи пороговой точки вызовут множественные переключения состояний, и возникнет спонтанная модуляция громкости, её скачкообразные увеличения и уменьшения.

Для защиты от флуктуаций входного сигнала некоторые динамические приборы делают двухпороговыми — у них точка релаксации расположена несколько ниже точки срабатывания, дабы устройство «поняло», что уровень сигнала снизился уже наверняка.

Применительно к ограничителям сигналов, у которых единственный порог переключения близок к 0 дБ, и устройство не работает в областях возможных флуктуаций, временные параметры могут быть минимизированы. В этом случае прибор является так называемым «пикосрезателем», быстро реагирующим на кратковременные превышения допустимых уровней.

Сложные компрессоры и ограничители могут иметь две амплитудные характеристики с двумя автономными, оптимизированными

группами временных параметров. По сути дела, это два включённых последовательно динамических прибора, каждый из которых работает в своём диапазоне входных уровней.

Многие современные динамические устройства, работающие с цифровыми сигналами на базе компьютерных комплексов, обладают дополнительными логическими анализаторами, следящими за характером изменения входного сигнала. Параметры таких преобразователей адаптивно изменяются в зависимости от того, насколько медленны или импульсивны перепады уровней.

Частотная характеристика динамических устройств, в большинстве случаев, линейна. Но некоторые приборы обладают функциональной избирательностью к той или иной спектральной зоне. Так, например, специализированные компрессоры для передачи речевых сигналов могут обеспечить, по выбору режиссёра, увеличенную степень сжатия в низкочастотной области для снижения в речи гулкости или «бубнения», либо в высокочастотной области во избежание подчёркивания шипящих и свистящих согласных. Последний вариант бывает представлен в виде специального устройства под названием «*де-эссер*».

Существуют многополосные динамические преобразователи. По существу, это несколько конструктивно объединённых приборов, с одним каналом передачи (может быть, и стереофоническим). Входной сигнал разделяется на несколько частотных областей (полос), в каждой из которых есть сепаратные настройки. В упрощённых случаях временные параметры для всех полос могут устанавливаться едиными.

Подробности использования таких устройств читатель найдёт в главе о редактировании фонограмм.

Сервисная характеристика приборов для динамической обработки звука говорит о следующих дополнительных возможностях:

- Регулировка характера перегиба амплитудной характеристики в точке срабатывания. На графиках 2-22 — 2-24 амплитудная характеристика резко меняет свой наклон — коэффициент передачи компрессора при достижении входным сигналом порога срабатывания уменьшается скачком. Выше было показано, как слуховая заметность этого скачка может быть преодолена увеличением времени срабатывания прибора. Но практика показала: такая компенсация не универсальна, тем более, что короткие атаки некоторых сигналов могут потребовать

и моментального срабатывания устройства. Поэтому порог срабатывания из точки может быть превращён в некоторую небольшую область возрастания входного сигнала, на протяжении которой коэффициент передачи компрессора снизится плавно (иллюстрация 2-26).

- Регулировка входной чувствительности и уровня выходного сигнала сообщает динамическому преобразователю гибкие возможности согласования с любым электроакустическим трактом. Кроме того, это позволяет реализовать в одном приборе, например, компрессию или ограничение динамики сигналов с их предварительным усилением.
- Использование динамических преобразователей в режиме одновременной обработки двух или более связанных сигналов требует обязательного объединения цепей управления коэффициентом передачи (режим «*Link*»). Это делается для того, чтобы не нарушался установленный громкостной баланс. В противном случае компрессирование одного из сигналов может существенно снижать уровень его звучания, в то время как другой сигнал будет оставаться в нерегулируемой динамике. Функция «*Link*» изменяет коэффициенты передачи всех связанных приборов взаимно — пропорционально, независимо от того, какой из обрабатываемых сигналов достиг порогового уровня.

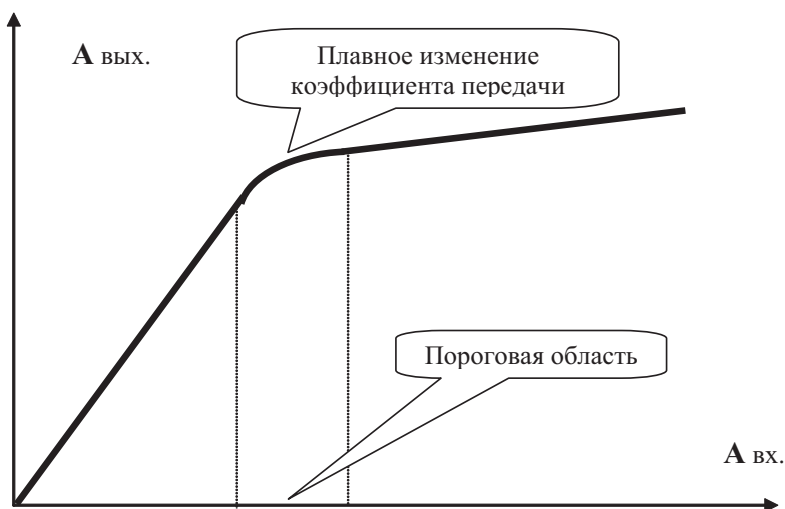


Иллюстрация 26

Самый распространенный тому пример — включение двух несвязанных между собою компрессоров или ограничителей в цепь стереофонического сигнала. Нестабильность пространственного звукового изображения из-за неоптимальной работы динамических авторегуляторов (см. главу «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**») замечается слухом сильнее, чем какая-либо динамическая спонтанность сигналов связанной стереопары.

- В некоторых случаях необходимо, чтобы коэффициент передачи устройства зависел не от собственного входного сигнала, а от сигнала другого источника. Представьте ситуацию, когда диктор звучит в музыкальном сопровождении, и ставится задача — автоматически облегчать «аккомпанемент» во имя разборчивости текста. Для этой цели предусмотрена возможность включать сигнал диктора в цепь управления компрессора, обрабатывающего динамику музыки. При установке относительно большого времени релаксации прибор довольно сносно выполняет такую служебную функцию.

Надо сказать, что фонографическая стилистика рок-музыки и многих представителей популярных музыкальных жанров требует взаимной разборчивости таких регистрово сходных звучаний, как большой барабан ударной установки (в обиходе — «бочка») и бас-гитара, когда эта предельно громкая пара инструментальных голосов сходится в единой ритмической фигурации. Для решения такой задачи применяется компрессирование сигналов бас гитары в момент атаки большого барабана, сигнал которого включён в цепь управления динамического регулятора (так называемый режим «*side channel*»). Однако в данном случае время его релаксации выбирается чрезвычайно низким, равным времени короткого сигнала барабана, и для слуха звучание бас-гитары оказывается практически неизменяемым, в то время, как атака большого барабана становится значительно рельефнее.

Включение компрессоров и ограничителей в электроакустический тракт требует соблюдения принципиальных правил.

1. При обработке отдельных сигналов нужно пользоваться разъемом «**INSERT**», а не линиями «**AUX**», так как нас интересует не произвольная смесь обработанного и необработанного зву-

ков, а единый сигнал с оптимально отрегулированной динамикой.

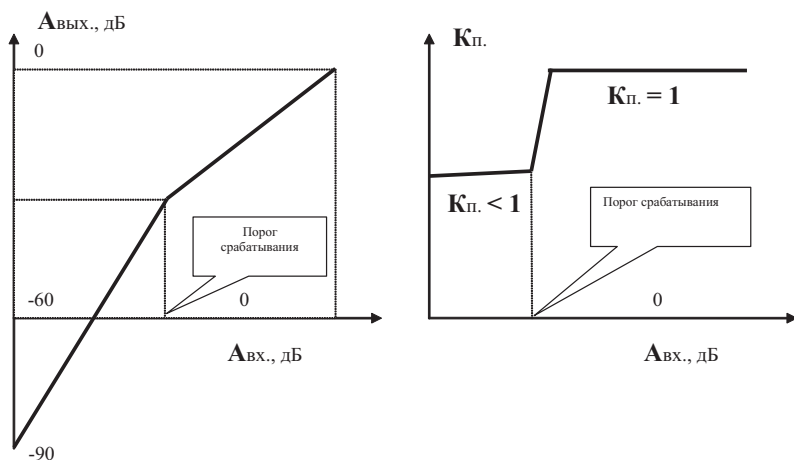
2. Особого внимания требуют случаи компрессирования с предварительным усилением, когда регулируемый сигнал зашумлен. На стадии срабатывания уровень шума, естественно, спадает, а во время релаксации, особенно в паузах, шум возникает вновь, быстро и плавно. Такое шумовое «дыхание», напоминающее звук морского прибоя с накатыванием песка, почти всегда оказывается чужеродным. Поэтому, несмотря на то, что применение динамической обработки, в принципе, возможно на любом технологическом этапе, для сжатия динамического диапазона с применением начального усиления предпочтительней оказывается стадия микрофонного приёма, в противном случае аналоговый тракт звукозаписи проявит шум магнитной ленты, а при цифровом способе передачи в результате глубокой компрессии может возрасти до заметного уровня шум квантования.
3. Автоматическая компрессия и ограничение динамики звуковых сигналов оказываются наиболее оптимальными, как в техническом, так и в художественном плане, если им предшествует, пусть небольшая, но мануальная предварительная регулировка уровней звукорежиссёром. При этом возможно рукотворное сохранение динамических тенденций передаваемой музыки и есть гарантия, что входные цепи регуляторов не внесут существенных искажений в звукопередачу из-за перегрузок чрезмерно большими сигналами.

Электроакустические экспандеры

Существуют два типа приборов, *расширяющих* динамический диапазон звукопередачи, точнее, увеличивающих отношение сигнал / шум во всём электроакустическом тракте или его части. Это, как уже говорилось выше, — устройства *шумопонижения* (англ.: *Noise reduction*) и шумоподавления (англ.: *Noise gate*).

Уже сами названия приборов намекают на то, что в них активной областью обрабатываемых сигналов является область низких уровней, область шумов.

Устройства шумопонижения



Устройства шумоподавления

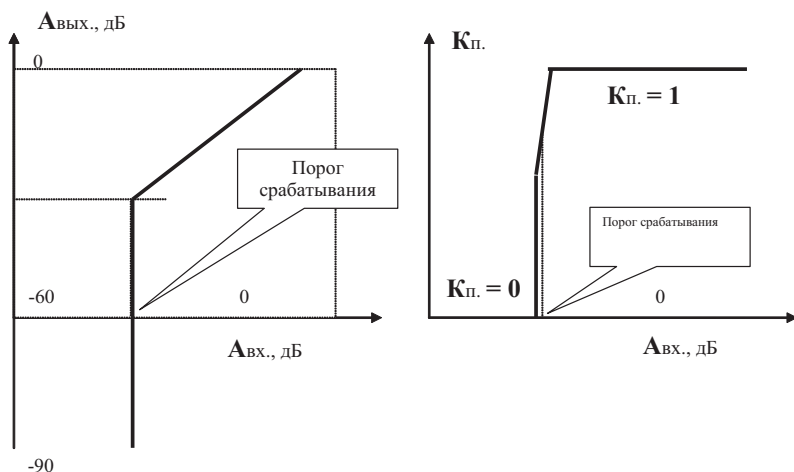


Иллюстрация 2-27

На иллюстрации 2-27 приведены принципиальные динамические характеристики перечисленных устройств. Из графиков видно, что пока уровень входного сигнала **превышает** пороговое

значение, коэффициент передачи экспандера любого типа равен 1, следовательно, приборы не изменяют динамики. Но как только входной сигнал станет **ниже порога срабатывания**, коэффициент передачи уменьшается, причём в устройстве первого типа — до заранее установленной величины, определяемой **степенью** или **глубиной шумопонижения**, а в устройстве шумоподавления — до нуля (в универсальных приборах это соответствует бесконечной степени шумопонижения). Разумеется, порог срабатывания экспандеров также произвольно регулируется.

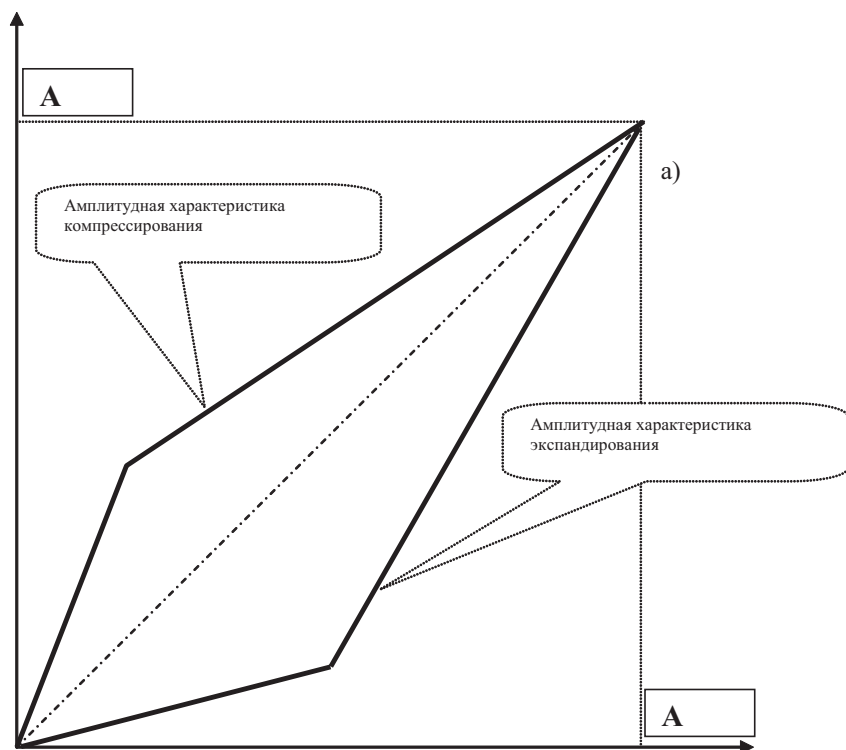
В качестве примера, по графику 2-27, динамическому диапазону входного сигнала в 60 дБ при шумопонижении соответствует динамический диапазон выходного сигнала в 90 дБ.

Временные, частотные и сервисные характеристики описываемых устройств аналогичны таковым у компрессоров и ограничителей, с той лишь разницей, что релаксация экспандера означает восстановление единичного коэффициента передачи при появлении входного сигнала **высокого** уровня, следовательно, время восстановления у него должно быть не больше длительности звуковой атаки, во избежание её «сглаживания». А время срабатывания поверяется адаптивными слуховыми впечатлениями, конкретно для каждого случая. Предлагаемый диапазон его регулирования, как правило, — от единиц миллисекунд до 3–5 секунд.

Интересным сервисным дополнением у экспандеров является возможность слухового контроля некоего полосового фильтра, встроенного **в цепь управления** коэффициентом передачи. Часто бывает так, что спектр шума существенно отличается от спектра полезного сигнала, и, чтобы прибор мог точнее «различать плохое и хорошее», указанный фильтр дополнительно снижает уровень **управляющего** сигнала за пределами полезной спектральной области. Это оптимизирует работу устройства, если уровень шума сопоставим с уровнем полезного сигнала, — ведь в этом случае понятие порога срабатывания без учёта спектральных соотношений может лишиться практического смысла.

Завершая раздел о динамических регуляторах, нельзя не упомянуть ещё об одном классе устройств, относящихся, впрочем, к функционально детерминированным. Это — так называемые **компандеры**, снижающие шум, возникающий в какой-либо части технического комплекса, преимущественно в аналоговой аппаратуре

магнитной звукозаписи. Такие приборы известны под названием *экспандеров Долби (DOLBY NOISE REDUCTION SYSTEM)*. Принцип их действия вкратце иллюстрируется серией графиков 2-28 (на осях координат отложены уровни сигналов).



На графике **а)** совмещены 2 динамические характеристики — компрессора и экспандера (отсюда и название: ком-пандер). Два взаимно согласованных устройства действуют в области малых уровней входного сигнала, соизмеримых с уровнем шумов, которые при аналоговой записи вносят электронные звенья и магнитная лента. Если бы не применять никакой обработки входных сигналов, то итоговое отношение сигнал / шум было равно $\Delta \text{с/ш } 1$, как показано на графике **б)**. Компрессор с начальным усилением сжимает динамический диапазон входного сигнала за счёт непропорционального подъёма его низких уровней, заведомо расширяя дистанцию между ними и вносимым шумом до величины $\Delta \text{с/ш } 2 > \Delta \text{с/ш } 1$ [график **в)**].

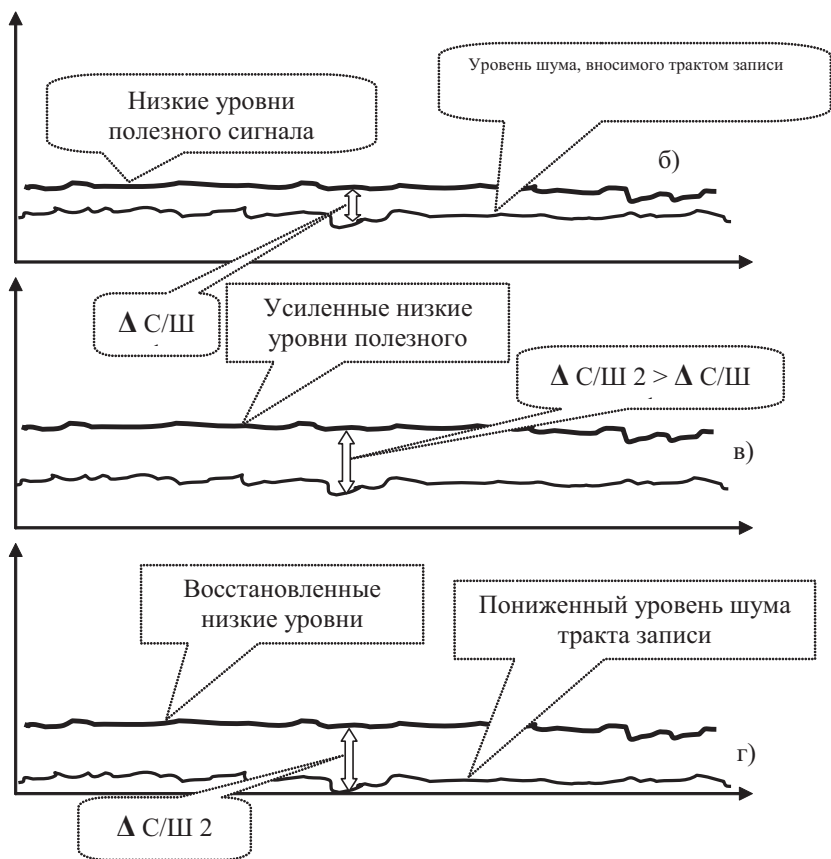


Иллюстрация 2-28

Эта операция выполняется перед записью на магнитную ленту. В процессе воспроизведения осуществляется «зеркальное» экспандирование тех же низких уровней, и восстанавливается первоначальная динамика входного сигнала. Но пониженный коэффициент передачи экспандера ослабляет в той же степени и внесённые шумы, сохраняя увеличенное отношение сигнал / шум равным $\Delta c/ш 2$ [график г)].

В ранних компандерах Долби описанные преобразования действовали только в высокочастотной области спектра входных сигналов. Разработчики полагали получаемую эффективность шумопонижения достаточной, тем более, что низкочастотные

составляющие шума магнитной ленты менее актуальны и легко маскируются низкочастотными компонентами полезного сигнала.

Сложные профессиональные устройства Долби обрабатывают весь спектр сигнала в разделённых частотных полосах.

В данной главе описано лишь ограниченное число электроакустических устройств со свободным доступом. Между тем, их подавляющее большинство предназначено для решения больших художественных задач. В распоряжении звукорежиссёра находятся приборы и компьютерные программы, способные изменять природу звучаний, сообщать им краски, подчас не имеющие подобий в окружающем нас акустическом мире.

Различные группы этих устройств имеют специфическое отношение к тем или иным разделам книги. Руководствуясь методологическими соображениями, автор позволил себе рассредоточить их описания, увы, далеко не исчерпывающие, по отдельным главам. Так, дополнительные сведения о компрессорах динамического диапазона читатель встретит в главе **«ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ПАЛИТРА ЗВУКОРЕЖИССЁРА»**.

Глава 3.

ИСТОЧНИКИ ЗВУКА

Какой бы по жанру ни была фонография, материал для действий звукорежиссёра поставляют первичные источники звука. В современной популярной или рок-музыке таковыми часто бывают электромузыкальные инструменты (ЭМИ), с их сформированными выходными сигналами. Но по-прежнему преимущественной армией источников звука являются их акустические представители, объекты микрофонного приёма. И если звуковые качества ЭМИ могут быть порой абсолютно неуправляемыми, а звукорежиссёру доступна лишь их небольшая электроакустическая отделка, то акустические свойства натуральных источников звука существенно зависят от их ориентации в окружающем пространстве. Тогда микрофон уже перестаёт быть только «функционально детерминированным» прибором. В руках звукорежиссёра он становится первым инструментом в деле фонографической лепки.

В этой главе автор попробовал внести посильный вклад в обильную литературу, посвящённую акустическим свойствам музыкальных инструментов и человеческих голосов. Особое внимание уделено спектральным диапазонам звуков рассматриваемых источников и характеристикам их направленности. Эти качества важно знать как при изучении глав **«ФОНОКОЛОРИСТИКА»** и **«МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ»**, так и для практических нужд. Творческое использование именно этих свойств позволяет оптимизировать микрофонную технику и поместить в фонографическую композицию максимальное число объектов сложной звуковой партитуры.

Природные явления, такие, как дождь, ветер, морской прибой, т. п., по своей физической сути не являются собственно излучателями звуков: производя множественное возбуждение листьев и ветвей деревьев, травы, крыш домов, асфальта, песка и гальки, они рождают специфические шумы, которые мы можем электроакустически протоколировать, всякий раз направляя микрофон на самое характерное в смешанной звуковой палитре. Частотные спектры

этих шумов также необычайно широки, но и в них существуют разные области (спектральные зоны), отличающиеся по слуховым впечатлениям.

Нечто подобное можно говорить и о музыкальных инструментах, в том числе и о человеческих голосах. Здесь *источниками возбуждения* являются аналогичные удары, щипки, воздушные потоки, но тонкая, закономерная организация определённых механических реакций инструмента превращает грубое (как это ни парадоксально) воздействие в осмысленный, одухотворённый, впечатляющий звук, который мы называем музыкой.

Режиссёрский подход к акустическому материалу всегда предполагает отбор тех или иных звуковых признаков, которые в соответствующих контекстах наиболее характерны для данного объекта. Чем больше число этих объектов, чем важнее их индивидуальность, тем выше необходима электроакустическая избирательность для каждого из них. Напротив, гомофонность в музыкальном материале диктует поиск общих акустических свойств, иногда независимо даже от акустической природы источника звука.

§ 3-1. Звукообразование и характеристики направленности музыкальных инструментов

Можно провести деление существующих музыкальных инструментов на ударные, щипковые, смычковые и духовые. Такая классификация отражает способ возбуждения колеблющегося элемента — струны, пластины, мембраны, язычка (трости), столба воздуха. Среди перечисленных, пластины и мембраны, в подавляющем большинстве случаев, являются также и излучателями звука. Собственно источником звука является и колеблющийся воздушный поток. Струна, сама по себе, даёт ничтожно слабую акустическую энергию; для её усиления струны через специальные опорные конструкции соединяются с декой, обладающей большой излучающей площадью. Акустические фильтры (резонаторы), имеющиеся в том или ином виде почти во всех инструментах, выполняют много функций: в духовых они являются элементами, фиксирующими высоту звуков, в струнных и фортепиано — обеспечивают тембральные качества, межрегистровую балансировку, в некоторых ударных — играют роль акустических усилителей.

Приведенная классификация несколько отступает от традиции. Дело в том, что учебники по акустике музыкальных инструментов, гораздо более подробно освещающие то, о чём здесь говорится вскользь, не всегда уделяют внимание разнице в характере направленности призывков от возбуждения и излучаемых (полезных) звуков. Между тем, проблемы, возникающие при микрофонном приёме музыкальных источников, часто связаны именно с этими обстоятельствами.

Согласно законам акустической механики, реакция возбуждаемого элемента всегда направлена *встречно* возбуждающему усилию (удару, щипку, смычковому сцеплению), по той же линии. Заметим, что микрофон, направленный по азимуту этой реакции, подчеркнута передаст призывки, связанные с атакой звука.

Наиболее отчётливо это наблюдается у ударных инструментов, особенно у интонирующих — вибратона, ксилофона, маримбы, когда изменение акустического ракурса от вертикального (перпендикулярно брускам, по линии ударов) до горизонтального существенно изменяет громкостной баланс между атаками и послезвучанием. У перепончатых ударных (барабанов, литавр) атака звука также наиболее ярка в направлении, строго противоположном удару.

Спектр возбуждения изобилует высокочастотными составляющими. У музыкальных инструментов, снабжённых деками, направленность излучения не постоянна во всём звуковом диапазоне. Колебания деки имеют сложный спектральный состав; вблизи её излучается плоская волна, направленная перпендикулярно деке, что особенно справедливо для звуков верхних регистров, а также сигналов атак и обертонов. Направленность же излучения основных тонов нижних регистров, практически, отсутствует.

На иллюстрациях 3-1 и 3-2 стрелки **a** и **b** показывают преимущественные направления, в которых у струнных и ударных музыкальных инструментов распространяются шумы, связанные со звукоизвлечением. В этих же направлениях наиболее яркими оказываются сигналы звуковых атак. Напротив, азимуты по стрелкам **c** и **d**, соответствуют минимуму этих акустических излучений. Геометрия подсказывает простой вывод: в большинстве случаев направление при микрофонном приёме под углом $\approx 45^\circ$ к излучающей поверхности (деке) обеспечивает средне-мягкое звучание источника. Именно такие микрофонные азимуты используются, если

драматургия записываемого произведения не требует какой-либо тембральной специфики, где указанные призывы желательны.

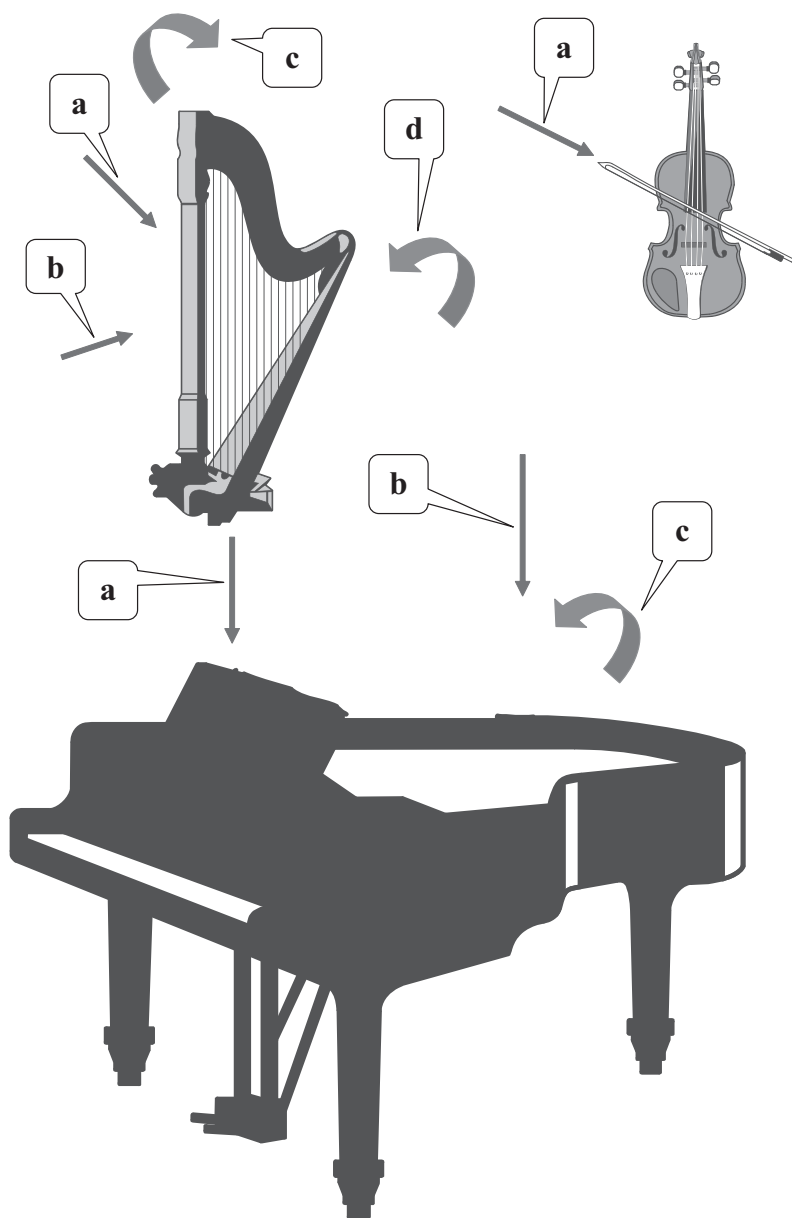


Иллюстрация 3-1

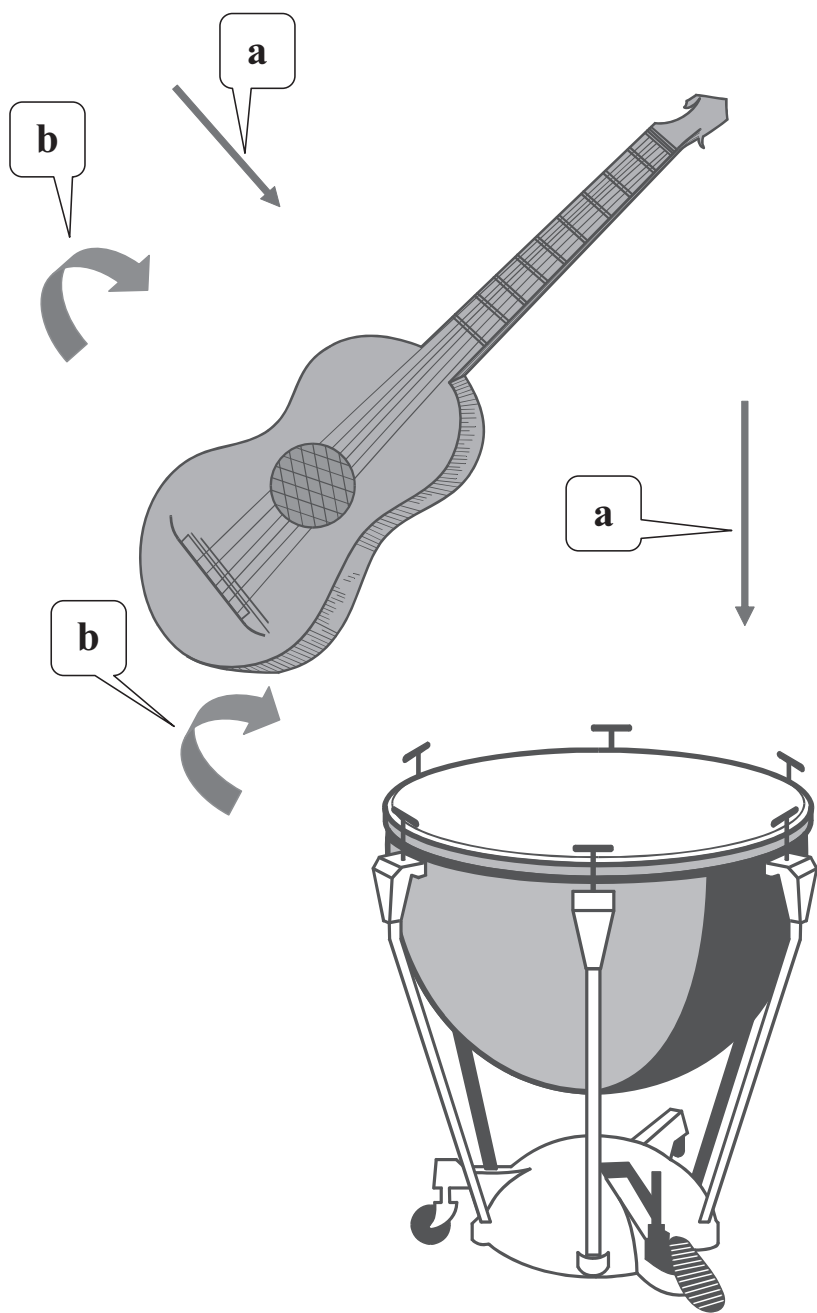


Иллюстрация 3-2

Направленность излучения у роялей требует дополнительных комментариев. Только наличие деки и струн с их ударным возбуждением объединяет этот инструмент в рассматриваемом аспекте с прочими, приведенными на рисунках. Но в акустическом механизме роялей действуют резонаторы, определяющие тембры конкретных моделей фортепиано. Направленность излучения этих резонаторов — вертикальная, и она особенно проявляется при малых расстояниях от их горловин. Звучание рояля, прослушиваемое или микрофонизированное вблизи резонаторов, обладает специфической окраской, нарочитая передача которой в фонографии не исключается, хотя требует драматургических обоснований. В таких тембрах встречается и гнусавость, и «жирность», и жёсткость, и пронзительность. Совокупный звук фортепиано образуется на расстоянии, не меньшем 70–100 см., как от центральной части струн и деки, так и от молоточков. При этом возможен выбор разных точек «акустического взгляда» на инструмент: из-за спины пианиста, где наиболее активна, так сказать, ударная составляющая, с хвостовой стороны, — там края деки и струн изобилуют излучениями наиболее высоких обертонов, или в срединном направлении, наиболее привычном для филармонических слушателей. Открытая под углом $\approx 45^\circ$ крышка рояля дополняет его звучание тембральными деталями, излучаемыми декой вверх плоским фронтом. Эти акустические волны, когда их длина существенно меньше размеров крышки (что справедливо для спектральных компонент с частотами выше 500–1000 Гц.), отражаются в горизонтальном направлении.

При обычном слушании крышка рояля выполняет, конечно, полезную функцию. Но для близко расположенного микрофона, в точке его нахождения возможна интерференция между прямыми и отражёнными излучениями деки, что приводит если не к громкостной, то, по меньшей мере, к тембральной неоднородности фортепиано. В таких случаях бывает целесообразно удалять крышку.

При звукопередаче для максимального сглаживания атак фортепиано используют низкие позиции микрофонов, их удаление от молоточков, вплоть до приёма звука их под инструмента. Но такой акустический ракурс может оказаться невыгодным из-за повышенной восприимчивости микрофонов ко всяким призывкам, в частности, шумам педального механизма. Впрочем, как будет показано в главе **«МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ**

ОБЪЕКТОВ», природа таких шумов часто бывает связана с вибрацией корпуса рояля и пола под педальной рамкой.

Пианино, по существу, не является студийным музыкальным инструментом. В редких случаях с ним приходится иметь дело во внестудийных условиях. Можно отметить три основных азимута акустической направленности пианино. Из-за спины пианиста наиболее ярко слышны атаки звуков, в особенности, если снята передняя крышка инструмента. Часто оптимальной является суммарная направленность излучения внутреннего объёма пианино, с установленной передней крышкой и поднятой верхней; при этом эмпирически подбираются расстояние до инструмента и угол «акустического зрения». Третий вариант использует то обстоятельство, что дека пианино открыта с двух сторон. «Задний» азимут даёт большую спектральную насыщенность при минимальной активности атак, но в этом случае только качество инструмента, в частности, его деки, может гарантировать тембральную и громкостную сбалансированность во всех регистрах.

У медных духовых (амбюшурных) инструментов звуковая волна излучается раструбом. Чем выше исполняемая нота, тем более плоский фронт волны, и направленнее излучение. Это особенно проявляется в непосредственной близости от инструмента. Но надо помнить, что вблизи раструба ощутима аэродинамическая составляющая сигнала — движение воздушной массы, и это диктует особые требования к микрофонной технике (см. главу «**МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**»). Акустический ракурс обычно выбирается с учётом специфики амбюшурных инструментов, музыки и традиций исполнения. Так, к примеру, вполне привычно, что у валторн, раструбы которых в оркестре направлены в сторону и назад от слушателей, звук матовый, мягкий, слегка приглушённый и, казалось, лишённый обертонов, особенно в *pianissimo*. Примерно то же можно было бы сказать и о тубе, раструб которой направлен вверх. Но этот инструмент, звучащий, в основном, в контроктаве и субконтроктаве, излучает почти сферическую волну, ненаправленную в принципе, так что «заглядывать» к нему в раструб можно только ради подчёркивания высших гармоник, придающих звуку тубы жёсткость или резкость.

А вот её собрат по регистру — сюзифон, применяющийся в традиционных джазовых ансамблях «диксиленд», имеет раструб,

направленный в сторону слушателей, отчего звучание более конкретно, сфокусированно.

В группе тромбонов, у которых соотношение размеров раструба и длины волны излучения при игре в первой и второй октавах делает эти инструменты весьма направленными, может встретиться экзотический представитель — эффониум, имеющий два раструба. Нижний, меньшего размера, направлен к слушателю, но плоская волна излучается им лишь в звуках верхнего регистра, дополняя их акустической яркостью за счёт азимутальной концентрации. А направленный вверх больший раструб придаёт эффониуму мягкое звучание, особенно на низких нотах. При этом нижний раструб излучает обертоны, сохраняя тембральную полноту инструмента во всём рабочем диапазоне.

Раструбы языковых духовых инструментов полностью излучают звук лишь на самой низкой ноте рабочего диапазона, когда закрыты все клапаны. Остальные звуки по своей направленности связаны с аппликатурой инструментов. Это не подлежит простому описанию, можно только указать на определённую тенденцию: чем выше регистр, тем ближе зона излучения к мундштуку.

Особые свойства направленности проявляют флейты. Их звук генерируется у лабиума, где создаётся вихревой поток с частотным спектром, близким к шумовому. Комбинации открытых и закрытых клапанов меняют параметры акустических резонансов флейты, соответственно, высоту звучания. Но, в отличие от других духовых инструментов, здесь область мундштука является постоянно излучающей, причём фронт звуковой волны близок к шаровой. В то же время, вблизи губ флейтиста действует мощная аэродинамическая струя, поэтому соблазн помещать микрофон прямо у мундштука флейты, во имя сверхкрупного звукоизобразительного плана (см. главу «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**»), требует надёжной защиты электроакустического приёмника от «задувания». Тем не менее, такой способ звукопередачи в своём существовании должен быть бескомпромиссен, ибо даже небольшое удаление микрофона от мундштука, если и облегчит аэродинамический режим, приведёт к ощутимой громкостной неравномерности приёма: в аппликатурных комбинациях с открытыми верхними клапанами направленность их излучения станет резко определяющей, чего не происходит, например, при исполнении ноты *СИ малой*

октавы, когда все клапаны закрыты, а излучающим является выходное отверстие флейтовой трубки. Тогда уже надо удалять микрофон от исполнителя до тех пор, пока указанная неравномерность не исчезнет (на практике — до 1–1,5 метров).

Подобные рекомендации относятся ко всем инструментам группы деревянных духовых, где клапаны распределены вдоль мензуры.

Воздушный толчок при звукоизвлечении на духовых инструментах приводит к появлению так называемой постоянной составляющей акустического спектра и асимметрии сигнала на стадии атаки. Особенно это свойственно медным духовым с коротким воздушным недемпфированным путём, например, тромбонам. Это явление естественное, в большой степени определяющее априорный тембр инструмента, и вряд ли стоит компенсировать постоянную составляющую с помощью существующих компьютерных опций типа «**DC offset**» (см. главу о редактировании фономатериалов).

Стуки клапанов духовых инструментов в максимальной степени распространяются по линии их движения, что следует учитывать в случае близкого микрофонного приёма. В том же направлении ориентировано «шипение» воздушных струй у деревянных духовых, в особенности у кларнетов. Для снижения заметности таких призывков иногда бывает достаточно изменить акустический ракурс на 90° по горизонтали, а то и вовсе «смотреть» на инструмент из-за спины музыканта.

Струнные щипковые инструменты излучают призывок собственно щипка по линии движения медиатора или ногтей (у гитаристов). Эти же компоненты звуков, как высокочастотные, излучаются по нормали к деке.

В направлении движения смычка у скрипок, струнных альтов, виолончелей и контрабасов наиболее отчётливо слышны «канифольные» призывки. Вблизи эф этих инструментов в спектрах звуков возрастают составляющие нижних формант (см. § 4-2).

Что до человеческого голоса, то не следует считать, будто рот является его единственным излучателем. Опыт показывает, насколько восприимчивы направленные микрофоны к акустической работе грудной клетки, гайморовой пазухи, подгортанной области,

то есть анатомических полостей, наличие которых обязано существование постоянных спектральных формант, в особенности у профессиональных певцов. Соответственно, вертикальное изменение акустического азимута в ближнем плане, от уровня грудной клетки до верхней части головы заметно варьирует тембр голоса от насыщенного в низкочастотной области, мягкого и округлого, до острого, звенящего, плоского, с преобладанием высокочастотных формант. Излучение же вблизи рта чревато преобладанием естественных призывов — причмокиваний, «всхлипывающих» вздохов, и пр. Так же подчёркиваются шипящие, свистящие и звонкие согласные звуки. Разумеется, с удалением от микрофона человеческий голос интегрируется в единый акустический продукт.

Баяны, гармоники, аккордеоны излучают звук в двух азимутах, в соответствии с регистрами левой и правой рук исполнителей. Казалось бы, это несложно учитывать при работе на малых расстояниях до них (иллюстрация 3-3). Но большинство звуков этих инструментов распространяется не только в направлении ближайшего микрофона, — к ним будет восприимчив и другой. Тогда, при суммировании микрофонных сигналов из-за спонтанного текущего сдвига их фаз (что связано с разными расстояниями до излучающих областей инструмента), произойдёт электрическая интерференция, приводящая к заметной громкостной или тембровой неравномерности исполняемых звуков. Если же в стереофонической картине сигналы данных микрофонов передавать сепаратно в левый и правый каналы воспроизведения (а это может быть обосновано изложением гипертрофированных размеров объекта), то неизбежны как разрыв звукового изображения в середине, так и его «размазанность» из-за той же фазовой неразберихи (см. главы **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»** и **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ СТИЛИСТИКА»**).

Ситуация в корне изменится, если для звукопередачи выбрать большее расстояние между инструментом и микрофоном (в этом случае он может быть и один). Тогда суммарный звук не будет характеризоваться актуальными направленными свойствами, и его межрегистровая сбалансированность определится только исполнителем.

Подобные обстоятельства наблюдаются при работе с любыми звуковыми объектами больших размеров — инструментальной

группой, хором, органом, расчленённые направленные свойства которых ощутимо проявляются лишь вблизи от них. С увеличением расстояния, помимо сказанного, деформируется плоский фронт акустических волн, значительно уменьшается энергия высокочастотных спектральных компонент, и можно рассуждать о прослушивании или микрофонном приёме суммарного звука, включающего также сигналы общей диффузной акустики (реверберации). Такие источники следует рассматривать как единое звучащее тело. И пусть направленность его излучения складывается из преимущественных направленностей отдельных представителей группы, разграничение волновых азимутов на «полезные» и «вредные» с расстоянием теряет свою актуальность.

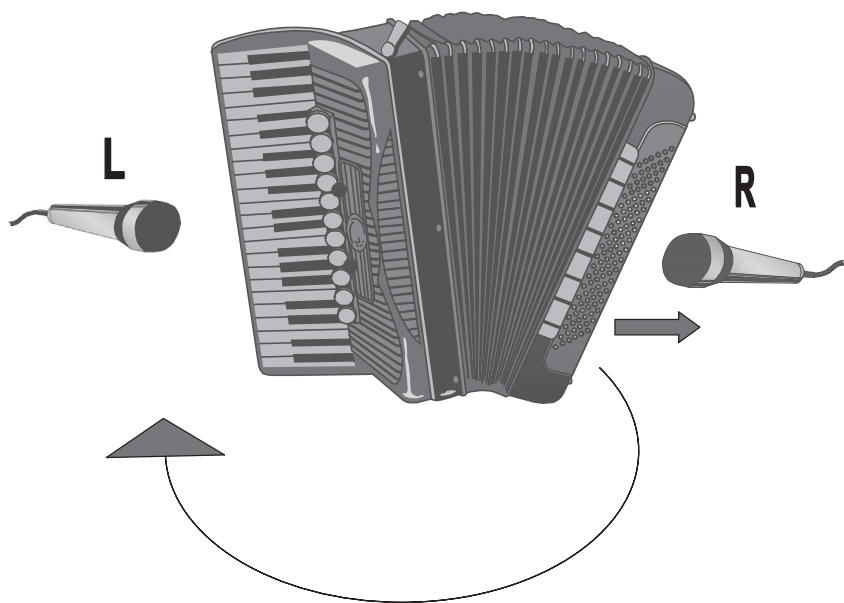


Иллюстрация 3-3

§ 3-2. Спектральные характеристики натуральных источников звука

Полный частотный диапазон излучения у музыкальных инструментов связан с основными тонами рабочих регистров и высшими гармониками (обертонами), область которых теоретически

простирается бесконечно; лишь небеспредельные слуховые возможности ограничивают их актуальность. Сказанное можно принять за аксиому, пожалуй, только в строго научном смысле. Эстетика звукопередачи допускает сужение акустических спектров в высокочастотной области, особенно когда тот или иной голос (в том числе и инструментальный) звучит не *solo*, а в сложном партитурном окружении. Естественные психоакустические свойства, в частности, такие, как маскировка слабых высокочастотных сигналов мощными низкочастотными, вполне оправдывают подобные ограничения. Более того, как будет показано в главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**», изображение виртуального звукового объекта не в крупном плане принципиально связано со снижением уровня передачи высокочастотных спектральных компонент.

Вряд ли целесообразно определять количественную сторону этих ограничений — вопрос слишком индивидуальный. 3-4 обертона для самого верхнего рабочего звука в некоторых случаях достаточны для сохранения натуральности, а иной раз может потребоваться более широкополосная передача. Художественные задачи и слуховая оценка — вот критерии, которыми следует руководствоваться. Так, например, убедительная мягкость звучания, объективный частотный спектр которого сужен чуть ли не до области основных тонов, разве не может она противостоять каким-то формальным претензиям?

Тем не менее, при подборе микрофонов или других приборов возникает вопрос о соответствии их частотных характеристик спектральным свойствам акустических объектов.

Учитывая, что протяжённость актуального обертонового ряда, практически, у всех музыкальных источников падает с повышением регистра, а реальный частотный диапазон электроакустического преобразования даже у профессиональных высококачественных микрофонов редко превышает $16 \div 18$ кГц, число передаваемых обертонов звуков верхних регистров (пятая октава фортепианной шкалы) уже ограничивается приблизительно до 5.

Нижняя часть спектрального диапазона для музыкального инструмента, как правило, определяется частотой основного тона самого низкого из его рабочих звуков. Но три обстоятельства вносят коррективу в это утверждение.

1. На стадии звуковой атаки многие натуральные акустические сигналы асимметричны, то есть содержат постоянную состав-

ляющую. Для её полноценной передачи частотный диапазон электроакустического канала должен, строго говоря, начинаться с 0 Гц. Однако практика показывает, что даже для музыкального объекта, излагаемого в сверхкрупном плане, достаточно для убедительности передать всего 1-2 унтертона от самого низкого звука. Впрочем, и такой фоноколористический приём достаточно уникален (вспомним басовые *solo* одного из вокалистов ансамбля «Take six»).

2. Два или несколько однородных музыкальных инструментов, играющих унисон, за счёт конечной высотной расстройки создают биения, расширяющие спектр группового сигнала в низкочастотную сторону, иногда до инфразвуковой области. Оправданное художественное использование этого эффекта вполне допустимо, но опасность получения электроакустической перегрузки или колористического дисбаланса заставляет проявлять к таким сигналам особое внимание.

3. Существенное обогащение низкочастотного спектра происходит и за счёт различных флуктуаций в процессе затухания басовых струн у арф, фортепиано, гитар, а также в длительно затухающем звуке колоколов.

Многие детали сложной фонографической композиции имеют ограниченный спектральный диапазон. Это продиктовано законами фоноколористики. Но в записях *solo* художественные обоснования для таких ограничений встречаются редко. Гораздо чаще возникает необходимость сужения частотного диапазона микрофонного канала с его усилительными звеньями во имя уменьшения суммарных помех. Опытные звукорежиссёры, работая с ограничительными фильтрами, способны на слух определить границы спектральной передачи, в пределах которых ещё сохраняется тембральная полнота акустического источника.

Принципиальные ориентиры даёт литература по инструментовке, где есть сведения о полных рабочих диапазонах музыкальных инструментов или певческих голосов. Но на практике эти диапазоны часто ограничены конкретным нотным материалом, предварительное знакомство с которым помогает оптимизировать соответствующую часть электроакустического тракта: к примеру, не стремиться использовать дорогостоящие конденсаторные микрофоны для записи группы тромбонов, играющей во всём произведении лишь аккордовые педали *mf* в пределах малой октавы.

Частотный диапазон музыкальных звуков является далеко не единственным фактором, определяющим их тембр. Независимо от распределения обертонов, в спектральном составе многих источников существуют так называемые **форманты**, или **формантные области**. На спектрограммах эти области характеризуются резкой множественной изломанностью. Частоты **негармонических формант** могут находиться как внутри регистрового диапазона, так и за его пределами, поскольку их наличие связано с резонансными свойствами отдельных элементов конструкции музыкального инструмента, а не с высотой исполняемых звуков.

На иллюстрации 3-4 приведен фрагмент спектрограммы тенорового саксофона, играющего в первой октаве. Экстремумы в диапазоне выше 1 кГц свидетельствуют о формантных образованиях.



Иллюстрация 3-4

Более подробные сведения о формантах содержатся в главе «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**».

§ 3-3. Динамические характеристики натуральных источников звука

Этот параграф излагается в чисто практическом аспекте. Дело в том, что академический вопрос о соотношении предельного звукового давления, создаваемого, к примеру, музыкальным инстру-

ментом и перегрузочной способностью микрофона имеет смысл только тогда, когда акустические источник и приёмник «работают один на один», причём расстояние между ними минимальное. Кроме того, подавляющее число современных профессиональных микрофонов исправно функционирует в области звуковых давлений, превышающих 5-10 Па; это гарантирует отсутствие акустомеханических искажений даже при «ближнем» приёме звуков симфонического оркестра в *fff*. В особенности, сказанное относится к динамическим катушечным микрофонам. Наиболее критичными к высоким звуковым давлениям были ленточные микрофоны, и это явилось одной из причин, по которым они вышли из употребления. Что касается конденсаторных микрофонов, то их перегрузки возможны в собственных электронных цепях, во избежание чего там предусмотрено переключаемое снижение чувствительности.

Строгая согласованность электроакустических параметров современного студийного оборудования обеспечивает простой способ проверки микрофонных трактов при предполагаемой акустической перегрузке. Если входная чувствительность исправного канала звукорежиссёрского пульта при работе с конденсаторным микрофоном и мощным источником установлена минимальной, и, тем не менее, слышны искажения звука, проявляющиеся в виде хрипов или потрескиваний, то, вероятней всего, они возникают в электронном звене микрофона. Контроль сигнала в точке **PFL** (см. главу «**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗВУКОРЕЖИССЁРА**») подтвердит это предположение индикацией невысокого уровня передачи. И введение в самом микрофоне дополнительного электрического затухания может устранить дефект.

Работая с акустическими источниками, необходимо помнить о двух важных проявлениях их динамических свойств.

Упомянутый в предыдущей главе *пик-фактор сигнала* характеризует относительную разницу между средней звуковой энергией и её экстремальными всплесками. Для некоторых ударных инструментов, фортепиано и человеческой речи, при малых расстояниях до микрофона, величина пик-фактора может достигать 30–40 дБ. Если микрофонная «перегрузка» и не наблюдается, то такие перепады уровня электрического сигнала чреваты искажениями в каких-либо последующих звеньях электроакустического тракта. Легче всего блокировать эти искажения с помощью автоматических динамических регуляторов (компрессоров или ограничителей

с малым временем срабатывания, в обиходе — *пикосрезателей*), сопряжённых с микрофонным усилителем.

Вторым динамическим феноменом у многих музыкальных источников является асимметрия сигнала в атаке звука. Появление постоянной составляющей звукового давления вызывает неожиданные большие превышения текущего уровня передачи, неадекватные слуховым ощущениям. В связи с этим, вблизи таких объектов следует избегать установки микрофонов — приёмников градиента звукового давления (см. главу «**МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**»), особенно чувствительных к постоянной составляющей в акустическом сигнале; наименее восприимчивыми к ней являются динамические ненаправленные микрофоны.

При необходимости, также используются динамические авторегуляторы.

Надо заметить, что если динамический диапазон звукопередающего тракта не вызывает нужды в применении каких-либо средств, ограничивающих естественную динамику музыкального источника, в особенности играющего *solo*, то её лучше сохранить неизменной, с мельчайшими оттенками исполнительского и акустического свойства.

К сожалению, в этой главе содержатся далеко не все сведения о натуральных музыкальных источниках звука. Автор настоятельно рекомендует изучать соответствующую литературу, выборочное цитирование которой здесь нецелесообразно. Кроме того, личные опыты знакомства и работы с разными акустическими объектами наверняка внесут для каждого профессионала коррективы в наш скромный экскурс.

§ 3-4. Электромusикальные источники звуковых сигналов

Бурное развитие радиоэлектронной и электроакустической промышленности во второй половине XX века способствовало появлению и совершенствованию различных устройств для усиления слабых звучаний, для имитаций существующих акустических инструментов, а также для синтеза звуков, не имеющих

аналогов в традиционном музыкальном мире. Так возникли сначала генерирующие электромузыкальные инструменты (ЭМИ), например, терменвокс, затем адаптированные ЭМИ — электрогитары, электромандолины и электроскрипки, впоследствии появились электроорганы, электророяли, а затем — огромный класс электронных синтезаторов и запоминающих (моделирующих) устройств, извлекающих звуки натуральных музыкальных инструментов с помощью фортепианной клавиатуры. Последние представители перечисленного семейства электромузыкальных инструментов в настоящее время не только занимают доминирующее место в популярной и рок-музыке, ими с успехом пользуются авторы, работающие в серьёзных жанрах. У петербургских композиторов Александра Кнайфеля и Андрея Сигле есть произведение «Богородице дево, радуйся!», почти полностью сыгранное на запоминающем синтезаторе (в обиходе — сэмплере, от англ. *sample* — образец, модель). Акустической моделью служил голос певицы Татьяны Мелентьевой, записавшей отдельные артикуляции, слова и фразы, сложенные потом в большую композицию.

Огромную роль сегодня играют синтезированные звучания, образный склад которых невозможно передать словами. Они незаменимы в музыке для театра и кино, когда акустическая абстракция в звуковом контрапункте способна выразить больше, чем три десятка «живых» скрипок. Московский композитор Эдуард Артемьев, долгие годы экспериментирующий в кино, дал миру блестящие образцы такой музыки (вспомните, к примеру, фильм Андрея Тарковского «Солярис» или фильм Никиты Михалкова «Раб любви»).

Современные компьютерные устройства позволяют сочинять сложные партитуры из синтезированных или «сэмплированных» звуков. Такие композиции могут воспроизводиться сразу в объединённом виде, либо все их голоса сепаратно переписываются в многоканальный (многодорожечный) комплекс, а затем обрабатываются и складываются в фонографическое произведение. При этом автор и режиссёр решают вопрос о том, какие из композиционных элементов действительно способны имитировать традиционные музыкальные источники, а какие должны остаться нарочито «синтетическими»; таким образом, определяются методы их художественной передачи.

Подробнее об этом сказано в главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ СТИЛИСТИКА**». Здесь мы рассматриваем лишь некоторые вопросы приёма и первичной записи сигналов ЭМИ.

Работа с адаптированными электромузыкальными инструментами

Много лет дискутируются способы звукопередачи электрогитар. Речь идёт о том, как подключать их к электроакустическому тракту: непосредственно ли «в пульт», или используя дополнительные усилительно-акустические устройства, с которыми гитаристы и бас-гитаристы работают в концертных условиях? В этом вопросе существуют два аспекта.

1. Если сигналы электронных синтезаторов имеют электрический уровень не менее —10 дБ (250 мВ) при выходном импедансе устройств, не превышающем 600 Ом, то их включение в линейные цепи студийного комплекса не вызывает каких-либо параметрических изменений. А звукосниматели электрогитар — высокоомные, с внутренним импедансом порядка 50 кОм, носящим, к тому же, реактивный характер — индуктивный или ёмкостной. Поэтому при подключении инструментов к электроакустическим цепям с низким входным сопротивлением (для звукорежиссёрских пультов его величина не превышает 10 кОм) наблюдается «завал» частотной характеристики в области высоких (для индуктивного звукоснимателя) или низких (для пьезоэлектрического звукоснимателя) частот. Эти, чисто технические, обстоятельства диктуют использование промежуточных усилителей с входным сопротивлением до 1000 кОм.

2. Природа звука электрогитар определяется не только их собственными акустическими свойствами, тем более, что так называемые гитары-доски вообще таковыми не обладают. Собственно звучание формируется акустической звукоусилительной системой, специфика которой рассматривается музыкантами, как эстетическая категория. Конечно, можно с помощью приборов для обработки звука создать образ такого электроакустического устройства, используя ревербераторы с минимальным временем процесса (порядка 0,2–0,5 сек.), корректоры АЧХ, форсирующие и искажаю-

щие усилители, пр. (см. главу «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**»). Такой способ наверняка может быть рекомендован, когда предлагаемое музыкантами собственное устройство по своим параметрам, например, по уровню вносимого шума, не соответствует профессиональным студийным стандартам. Но не стоит пренебрегать качественными усилительно-акустическими системами. И уж, конечно, они незаменимы, если гитаристы используют приёмы игры, включающие акустические самовозбуждения, когда малые расстояния между гитарой и громкоговорителем приводят к автогенерации на частоте (высоте) извлечённого звука, значительно увеличивая его протяжённость.

Микрофон, установленный перед акустической системой, передаст все её качества в том случае, когда эффективный угол его приёма будет достаточен для полного «обзора» излучающей конструкции. Слишком малое расстояние до микрофона, в особенности направленного, обусловит лишь приём какого-то акустического фрагмента, и полученное звучание будет неадекватно существующему в первичном поле, тем более, если в низкочастотной области из-за эффекта ближней зоны возникнет ещё и сверхпропорциональный подъём АЧХ (см. главу «**МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**»).

Особого внимания требует техника работы со звуками бас-гитар. Кроме рассмотренного, надо учесть ещё то обстоятельство, что прямой электрический способ включения этого инструмента, без сопутствующей диффузной обработки, передаст, в конечном итоге, сигнал звукоснимателя бас-гитары к слушательскому громкоговорителю, каковым может оказаться как мощный агрегат с устройством супернизкочастотного излучения, так и маленький «динамик» переносного кассетного магнитофона. И беда не в том, что последний плохо воспроизводит сигналы с частотами ниже 100–200 Hz, — наш слух всё равно реконструирует сложные по спектру звуки низкочастотных регистров за счёт обертонового ряда. Такой способ передачи ущербен в отношении тембра бас-гитары. Его непременно следует формировать путём незначительного реверберирования, сжатия динамического диапазона для продления «жизни струн» на стадии затухания, спектральной коррекции, сообщающей звучанию бас-гитары при подъёме АЧХ на частотах 200–300 Hz упругость и мягкость. Подробнее об этом — в других главах книги.

При работе с усилительно-акустическими устройствами звуки бас-гитар приобретают перечисленные свойства, совокупность которых донесут до слушателя любые громкоговорители, ибо в этом случае достаточная часть актуальной спектральной энергии уже может быть полноценно ими воспроизведена.

В последнее время к услугам гитаристов и бас-гитаристов производятся специальные электронные устройства, включаемые между инструментом и линейным входным звеном звукорежиссёрского пульта. Эти устройства не только обеспечивают усиление сигналов при высоком, порядка 1 МОм, импедансе, но дают возможность дополнительной специфической обработки звука и авторегулировки динамического диапазона. Разумеется, их использование устраняет множество вышеуказанных проблем.

Рассуждения, относящиеся к электрогитарам, в большой степени касаются электромандолин, электроскрипок и других адаптированных акустических музыкальных инструментов.

Специфическим источником звука является «электронно-механическая челеста» — инструмент, известный под названием *Rhodespiano*. Кроме того, что совокупный индуктивный звукосниматель, распределённый вдоль его колеблющихся пластин требует, несомненно, высокоомных входных цепей приёмного усилителя, у Rhodespiano возможна огромная динамика — перепад сигналов от *ppp* в одноголосой игре до яркого *secco* в двухручных аккордах может превысить 40–50 dB. Если в открытом *solo* это не вызывает электроакустических проблем, то в сложной звуковой фактуре с насыщенным сопровождением внятная передача сигналов Rhodespiano требует постоянного сжатия динамического диапазона.

Освоение звукорежиссёрской работы с электромузыкальными инструментами не может проходить в отрыве от изучения исполнительской стилистики, приёмов игры и штриховой палитры. Так, к примеру, качество звука электрогитары настолько зависит от способа его извлечения, что никакие правила электроакустики и рекомендации, почерпнутые из этой книги, не помогут превратить вяло сыгранную ноту в восторженный клич или убрать неоправданно яростный скрежет струн в мягком ноктюрне.

Ещё более тонкие свойства проявляют звуки клавишного моделирующего синтезатора, когда ставится задача фонографической имитации «живого» музыкального источника. Казалось бы, сигнал инструмента уже сформирован, и исполнителю, в большинстве

случаев, пианисту по происхождению, остаётся только, как говорил великий И. С. Бах, «нажать в нужное время на нужную клавишу». Но в дальнейшем обнаруживается, что все режиссёрские усилия, как то: тщательное динамическое и диффузно-акустическое изложение, тембральные уточнения, и пр., не приводят к звуковой достоверности, например, «сэмплированной» флейты. Причина в том, что партия была исполнена «по-фортепианному», и фраза, которую флейтист сыграл бы *legato detache*, акцентируя связанные звуки, у пианиста звучит с неестественной для флейты атакой каждой ноты. В данном, далеко не абстрактном, примере обычное фортепианное *legato* было бы уместнее.

Музыкальные и фонографические композиции с исключительным использованием электромузыкальных инструментов и синтезирующей электроники для многих молодых звукорежиссёров открывают сегодня путь яркого индивидуального творчества. Персональные компьютеры позволяют без применения микрофонов создавать звуковые картины в условиях нехитрых домашних студий, но программные технологии требуют последовательного педантизма в организации работы, с крайне редкой возможностью исправить впоследствии ошибку, случайно допущенную на ранней стадии. Поэтому не следует забывать о том, что природа звука формируется в самом начале работы с ним. Нужно тщательно «лепить кирпичики», из которых Вы собираетесь воздвигнуть фонографическое здание.

Глава 4.

МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Огромное разнообразие существующих нынче типов и конкретных конструкций микрофонов привело к тому, что многие звукорежиссёры используют их в своей работе, полагаясь на собственный эмпирический опыт, либо опыт своих коллег. Между тем, знание принципов микрофонного приёма позволяет действовать целесообразнее в отношении количества устанавливаемых приёмников. Производимые же ими электрические сигналы варьируются благодаря переключаемым электроакустическим параметрам, так что микрофон из слепого функционально детерминированного устройства превращается в прибор с доступным регулированием.

Никогда нельзя забывать о том, что природа фонографического образа, являющаяся симбиозом акустической природы собственно источника и управляемых свойств тракта звукопередачи, формируется, в первую очередь, на стадии микрофонного приёма. Ошибки, совершённые звукорежиссёром на этом этапе, практически, не поддаются исправлению, разве что приходится измышлять какие-то качественные замены в процессе перезаписи, употреблять специфические обработки сигналов, вынужденные линейные, а то и нелинейные, коррекции, и всё это лишь потому, что невнимательность или некомпетентность приводят к результату, неадекватному естественному ожиданию или звукорежиссёрской идее.

Следует попутно заметить, что требования к качеству звука необходимо, в равной мере, предъявлять и артистам, так как состояние звукового объекта является главнейшим во всём процессе создания фонографии. Точная акустическая настройка музыкальных инструментов (её не следует путать с традиционной звуковысотной настройкой), тщательный выбор исполнительского характера звучания — в этом и основа успеха, и устранение многих препятствий на пути поиска оптимальной звукопередачи. Разумеется, нужно обеспечить максимальные удобства для работы артистов. И поскольку сказанное также относится к стадии микрофонного

приёма, то примем его, как лишнее доказательство актуальности предмета данной главы.

В звукорежиссёрской практике требования к микрофонному приёму анализируются с точки зрения фонографического результата, а технические характеристики применяемых микрофонов рассматриваются сопряжённо со свойствами звуковых источников и тонателье. Такой комбинационный подход лежит в основе подготовки к записи; его сознание и владение им является свидетельством высокой профессиональной культуры мастеров фонографии.

Среди основных сведений об источниках звука при рассмотрении вопросов, связанных с микрофонным приёмом, необходимо знать:

1. Спектральный состав акустического сигнала.
2. Характер направленности излучения в области спектра основных тонов, обертонов и групповых (унисонных) унтертонов.
3. Динамические свойства источника (априорная информация об этом может и не учитывать особенностей конкретной динамики записываемого музыкального произведения).
4. Наличие (отсутствие) аэродинамической составляющей в акустическом сигнале.

Кроме знания этих объективных признаков, звукорежиссёр, разумеется, осведомлён о жанровой специфике исполнения, не только дополняющей приведенную информацию, но и диктующей определённые условия для качественного музицирования (в частности, расположение артистов в студии).

Что касается акустических характеристик тонателье, то большое внимание следует уделять геометрии ранних отражений, и не только потому, что таковые, в большинстве случаев, определяют характер и степень звуковой окраски. Знание направленности экстремальных всплесков ранних отражений позволяет точнее регулировать акустическое отношение в сигнале изменением ориентации направленных микрофонов (см. ниже). Об этом в особенности нельзя забывать, если помещение для записи изобилует локальными акустическими объёмами, галереями, куполами, пр. Отражаемый ими звук может доходить до зоны расположения основного источника с ощутимой задержкой, следовательно, хорошо читаться в фонографии, а это далеко не всегда желательно.

Художественные аспекты использования диффузной акустики тонателье рассмотрены в главе **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»**, а направленные, спектральные и динамические

свойства натуральных акустических объектов приведены в главе «**ИСТОЧНИКИ ЗВУКА**».

Преимущественные характеристики микрофонов, учет которых необходим в звукорежиссёрской практике, следующие:

1. Осевая чувствительность и максимально допустимое звуковое давление (перегрузочная способность).

2. Амплитудно-частотная характеристика электроакустического преобразования.

3. Диаграмма направленности микрофонного приёма на средних частотах.

4. Семейство частотных характеристик диаграммы направленности, либо, по меньшей мере, частотная характеристика тылового приёма для направленных микрофонов.

5. Степень демпфированности приёмной части микрофона, определяемая, как правило, практически.

6. Для стереофонических микрофонов — гарантия согласованности амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик, а также характеристик направленности совмещённых приёмников.

Звукорежиссёру должны быть известны принципиальные типы используемых преобразователей (катушечный, конденсаторный, ленточный), а также то, является ли данный микрофон приёмником звукового давления или его градиента. Подробные сведения обо всём этом содержатся в курсе электроакустики, преподаваемом на звукорежиссёрских факультетах.

Такие технические параметры микрофонов, как вносимые нелинейные искажения преобразования, собственные шумы, выходной импеданс и способность работы на длинную линию входят в компетенцию инженеров звукозаписывающих студий, и здесь не рассматриваются. Предполагается, что эти характеристики лежат в пределах, вполне пригодных для профессионального использования.

От микрофонов при записи требуется получить следующее:

а). Необходимое «количество» звука. Это, достаточно неформальное, выражение означает, что микрофонный сигнал должен передавать максимально возможные громкостные и тембральные ощущения объекта, при сохранении естественности звучания,

либо, если такая цель не преследуется, то в соответствии со звукоорежиссёрской задачей. Попутно следует заметить, что помощь в оценке количества звука могут оказать индикаторы уровня передачи сигналов при условном сравнении их показаний с субъективными громкостными впечатлениями (см. ниже); разумеется, предполагается определённый профессиональный навык, и, кроме того, опыт работы в одних и тех же условиях мониторинга.

б). Ожидаемые, либо заданные свойства звука. Имеется в виду необходимый спектральный состав сигнала, отвечающий той или иной тембральной специфике, а также характер и степень акустической окраски звучания в тех случаях, когда сознательно используется диффузное поле тонателье.

в). Если применяются стереофонические микрофоны или запись ведётся многомикрофонным способом, то встаёт вопрос о чёткости локализации в поле виртуальных источников звука.

На практике выполнение указанных требований далеко не всегда происходит сепаратно. Поскольку субъективно ощущаемая громкость является косвенным критерием оценки любого акустического качества, то налицо различные взаимовлияния и взаимобоснованности. Так, например, количество звука может казаться недостаточным из-за обилия диффузных компонент, линейный и временной спектр которых не имеет тесной корреляции с прямым сигналом (это особенно проявляется в низкочастотной области); показания индикаторов уровня при этом могут быть весьма значительными, а громкость — невысокой. Или общая акустическая картина, передаваемая сигналом так называемого обзорного стереофонического микрофона, при её приемлемом качестве, может конфликтовать, в смысле глубинно-пространственного рисунка, со звукоизображением, полученным от локальных микрофонов.

С опытом приходится вырабатывать умение совокупного решения всех вопросов, связанных с микрофонным приёмом. И только лишь методологические удобства дают право на раздельное изучение перечисленных требований.

Автор вновь напоминает, что написанное ниже отнюдь не следует рассматривать, как непреерекаемое руководство к действию; просто личный опыт накладывает свой отпечаток на освещение вопроса, сколь бы велико ни было желание руководствоваться лишь сугубо принципиальными соображениями.

Логика творческих поисков не подчиняется каким-то строгим алгоритмам; иной раз наличие в распоряжении звукорежиссёра одного-единственного микрофона является определяющим фактором для установления режима микрофонного приёма, и это досадное обстоятельство влечёт за собой изменения в расположении исполнителей, пусть даже не слишком для них удобные.

Хорошо, если тонателье достаточно адаптивно, благодаря наличию в нём большого разнообразия акустико-архитектурных зон и возможности использования дополнительных акустических конструкций (звукопоглощающих или отражающих щитов, изолированных кабин, т.п.). Но некоторые студии, особенно те, что расположены в бывших храмах, диктуют своей спецификой способы микрофонного приёма, весьма далёкие от традиционных. Более того, музицирование для записи в таких тонателье рождает у исполнителей ощущения, значительно отличающиеся от концертных, и это может вызвать изменения в динамике, характере звукоизвлечения, т. д.

§ 4-1. Связь спектрального состава акустического сигнала и амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) электроакустического преобразования микрофона

Амплитудно-частотный спектр звуковых волн, излучаемых одиночным источником, как правило, начинается с компоненты, соответствующей основному тону самой низкой интонации, если речь идёт о звуковысотном музыкальном инструменте. Сказанное особенно справедливо для одноголосных инструментов — медных или деревянных духовых. Что касается музыкальных инструментов, на которых возможны исполнения аккордами, и инструментов, где звукообразование происходит посредством так называемого «хора», то есть двух-трёх струн (у роялей, пианино, мандолин, т. п.) или нескольких язычков (органы, баяны, аккордеоны, гармони), то энергетический спектр их излучения простирается гораздо ниже, вплоть до инфразвуковой области. Это объясняется биениями при относительной расстройке колеблющихся элементов. Спектр собственных частот дек, в особенности больших, также существенно обогащает звучание в низкочастотной зоне.

Значительное расширение спектрального состава на низких частотах наблюдается при унисонном исполнении музыкального

материала группой однородных инструментов. В оркестровой ткани это типично для играющих унисон смычковых струнных, тромбонов, валторн. Ещё больший эффект дают хоровые унисоны; им особенно свойственно наличие инфранизкочастотных излучений.

Спектры ударных и ударно-шумовых инструментов, благодаря импульсному характеру атак при звукоизвлечении, имеют достаточно заполненную низкочастотную область, независимо от того, являются ли эти инструменты интонирующими (настраиваемыми), или нет.

Надо учесть, что некоторые ударные инструменты, например, литавры и большие барабаны, обнаруживают, пожалуй, самый ощутимый подъём спектральной плотности на низких частотах; излучая акустическую волну, близкую к шаровой, они создают поле, характеризующееся непосредственно у звучащих мембран высокой величиной *градиента давления*. Следовательно, любой направленный микрофон (в той или иной степени реагирующий на градиент звукового давления), устанавливаемый вблизи от них, должен обладать собственным низкочастотным компенсатором, либо дополняться внешним фильтром верхних частот.

Если кому-то кажется, что приведенное замечание носит гипотетический характер, можно предложить поочерёдное прослушивание сигналов двух микрофонов, расположенных рядом друг с другом в непосредственной близости от источника указанного вида. Один из микрофонов должен быть ненаправленным, то есть приёмником звукового давления, а другой — приёмником градиента звукового давления. При этом необходимо обратить внимание на естественность звучания.

Всякий услышит, что ненаправленный микрофон даёт гораздо более натуральную звукопередачу. И дело здесь далеко не только в том, что этот микрофон обеспечивает больший пространственный охват объекта. Причина неестественности в этом случае объясняется гиперболическим подъёмом частотной характеристики в нижней части спектра, названном в электроакустике *«эффектом ближней зоны»*.

К сказанному, впрочем, не следует относиться, как к вето. Эффект сверхкрупного плана (см. главу **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»**) вполне может оправдать применение микрофона-приёмника градиента звукового давления с гипертрофированной передачей низких частот.

Что касается высокочастотной части спектра акустического источника, то она определяется отнюдь не частотой основного тона самого верхнего звука интонирующего музыкального инструмента, а частотами обертонов, практический учёт которых может потребовать их передачи во всём диапазоне, доступном тому или иному электроакустическому тракту. Это в максимальной степени относится к источникам с импульсным характером атак, например, фортепиано, ударным и ударно-шумовым инструментам, человеческим голосам.

Заметное обогащение спектра на высоких частотах также происходит при инструментальных или хоровых унисонах. Изобилуют высокочастотными составляющими и спектры шумовых призывов, сопутствующих звукоизвлечению.

Но поскольку в естественных акустических полях высокочастотные компоненты в полной мере прослушиваются лишь вблизи источника, а при удалении — постепенно затухают, то требования к амплитудно-частотной характеристике микрофона на верхних частотах тем строже, чем ближе к нему находится акустический объект, соответственно, чем крупнее план фонографического изложения.

В этом случае оказывается, что для большинства источников высокочастотная характеристика микрофона должна простирается до предела человеческой слышимости, несмотря на то, что полный тракт звукопередачи, включая устройства записи-воспроизведения и системы мониторинга, может вносить собственные ограничения. В справедливости сказанного точно так же убеждают сравнительные эксперименты с парой микрофонов, обладающих при прочих равных условиях неодинаковыми частотными диапазонами электроакустического преобразования. Как правило, электростатические (конденсаторные и электретные) микрофоны характеризуются большей отдачей на высоких частотах, чем динамические, особенно катушечные, из-за сравнительно тяжёлой их подвижной части.

Но гораздо серьезнее требования, предъявляемые не к протяжённости частотной характеристики микрофона, а к её *равномерности*, особенно в средне-высокочастотной области. Речь идёт об экстремумах (резонансах) АЧХ, обуславливающих жёсткую, металлическую окраску, часто нежелательную. Благодаря этим неравномерностям спектральной передачи в обертоновом ряду источника нарушаются пропорции между отдельными высокочастотными составляющими, причём компенсировать этот дефект удаётся далеко не всегда из-за неполной адекватности характеристик

корректирующих фильтров и форм локальных подъёмов частотной характеристики микрофона.

Некоторые фирмы-изготовители микрофонов, рассчитывая на положительные субъективные оценки потребителей, добиваются намеренных высокочастотных резонансов в своих конструкциях. Применять эти микрофоны следует с известной осторожностью. Впечатления действительно хороши, если такие приёмники устанавливаются на большом расстоянии от акустического объекта, и указанные подъёмы АЧХ возмещают дистанционные потери на высоких частотах, пусть даже с некоторой окраской. В ближней же зоне избирательное, резонансное подчёркивание высокочастотных составляющих почти всегда оставляет в звуке некий «электроакустический налёт».

Заметим попутно, что в этом кроется одна из причин гипертрофированной передачи звонких и шипящих согласных человеческой речи.

Звукопередача музыкальных инструментов нижних регистров, в особенности при их изложении в дальнем плане, значительно снижает требования к высокочастотной области АЧХ применяемых микрофонов. Желательно только, чтобы частотная характеристика имела в верхней области спад монотонного характера.

Среднечастотный диапазон спектров звуковых источников, как правило, проблем в микрофонной передаче не вызывает. Исключения составляют случаи специфической окраски, вносимой микрофонами опять-таки в тех случаях, когда их АЧХ имеет локальные экстремумы в средней части; это, в основном, характерно для конструкций с большими габаритами, сложными геометриями форм и т. п.

Но необходимо помнить, что причиной заметной акустической окраски звука могут быть некоторые дефекты тонателъе, особенно, когда его размеры невелики, имеются архитектурные ниши, полости или образуются стоячие волны. Иногда окраска объясняется местом установки микрофона вблизи протяженного источника, в формировании звука которого большую роль играют дека или мензура, излучения разных участков которых могут интерферировать в области нахождения микрофона. При этом спектр обретает ненатуральные экстремумы.

Ниже будет сказано также о колористическом влиянии характеристик направленности источников и микрофонов в их взаимоотношениях.

Убедится на практике в том, что вина в окраске звука лежит именно на микрофоне, сравнительно несложно: его нужно поочерёдно располагать в разных точках тонателье, желательно ближе к источнику, чтобы исключить влияние архитектурной акустики. Если «красит» действительно микрофон, то перемещения мало что изменят. Для точности оценок такой эксперимент звукорежиссёру лучше всего проводить с ассистентом, и, по возможности, быстро, дабы не сработал эффект привыкания, когда окраска звука перестаёт обращать на себя внимание.

Инженерные службы звукозаписывающих студий предоставляют звукорежиссёрам техническую документацию, где с тем или иным приближением отражены амплитудно-частотные характеристики имеющихся микрофонов. Благодаря этому, во время предварительного анализа записываемого материала возможен отбор, в какой-то степени априорный, необходимых электро-акустических приёмников.

§ 4-2. Связь характеристик направленности излучения и микрофонного приёма

Акусто-геометрическая структура излучения звука любым музыкальным инструментом довольно сложна, и анализировать её для практических целей можно лишь паллиативно, с некоторыми допущениями. Однако, в аспекте данной главы вполне достаточно рассмотреть общие принципы формирования отдельных участков звукового поля с тем, чтобы увязать их свойства с характеристиками направленности примеряемых микрофонов.

Для этой цели вспомним, что среди звуковых волн **плоская**, в отличие от **сферической**, обладает более выраженной направленностью. Но для её возбуждения размеры звучащей поверхности (деки, мембраны или выходного отверстия раструба) должны заметно превышать длину волны излучения, что реально только для средних и высоких частот спектра. В то же время, для образования **сферической** (шаровой) волны необходим источник, излучающий размер которого много меньше её длины (это существует, преимущественно, на низких частотах).

Сказанное справедливо для небольших расстояний от источника, ибо с удалением фронт плоской волны искривляется (на

акустическом жаргоне: «волны разбегаются»), а сфера шаровой волны большого радиуса постепенно вырождается в плоскость. Тем самым, отчасти, объясняется возрастание акустической однородности при увеличении расстояния до источника.

Вблизи же объекта существование направленных, плоских волн обуславливает относительное постоянство интенсивности звука (и звукового давления), излучаемого *перпендикулярно* возбуждающей поверхности. В тонателье с поглощающей акустической отделкой такая ситуация может наблюдаться вплоть до удаления на несколько метров. Однако, сам факт существования акустической направленности свидетельствует о том, что громкостное восприятие в этом случае зависит от слушательского азимута. То же самое нужно сказать о «восприимчивости» микрофона, если и он является направленным.

Что касается характеристик направленности микрофонов, то этой теме посвящено огромное количество специальной литературы, и нет нужды вторгаться здесь в детальное исследование всех аспектов вопроса. Для практических целей достаточно знать, что формальная зависимость чувствительности микрофона* от угла, под которым «рассматривается» звуковой объект, отображается в полярных координатах в виде так называемой **диаграммы направленности**. Серия иллюстраций 4-1—4-5 представляет несколько типов таких диаграмм — в виде «круга», «восьмёрки», «кардиоиды», «суперкардиоиды» и «гиперкардиоиды». Количественные данные на приведенных диаграммах — приблизительны; уточнения для каждой конкретной модели микрофона есть в технической документации.

Необходимо принять во внимание, что:

- реагирующие на звуковое давление ненаправленные микрофоны являются таковыми лишь в той области спектра, пока их внешние габариты не превышают длину звуковой волны; таким образом, на высоких частотах эти микрофоны становятся односторонне направленными;
- большинство направленных микрофонов отчасти теряют своё свойство на низких частотах, излучаемых удалённым источником;

* Автор предпочитает слово «восприимчивость» в отличие от сугубо технического определения «отношение выходного напряжения к звуковому давлению в данном азимуте».

- практическим телесным (пространственным) углом приёма направленного микрофона можно считать тот, в пределах которого спад чувствительности не больше 14–20 дБ. Это связано с психоакустической маскировкой сигналов, идущих с боковых направлений, сигналами осевыми.

На иллюстрациях 4-1 — 4-5 такой угол обозначен как **Ω эфф.** Если применить оптические аналогии, то направленный микрофон подобен направленному прожектору, пучок света которого концентрирует внимание зрителя на нужном объекте. Разница в том, что в светотехнике можно наблюдать очерченные границы освещённости, тогда как в электроакустике угол эффективного приёма достаточно «размыт», и не только по объективным причинам. Сами области психоакустических явлений, в пределах которых существуют те или иные феномены, связаны и с индивидуальным восприятием, и с характером звукового материала.

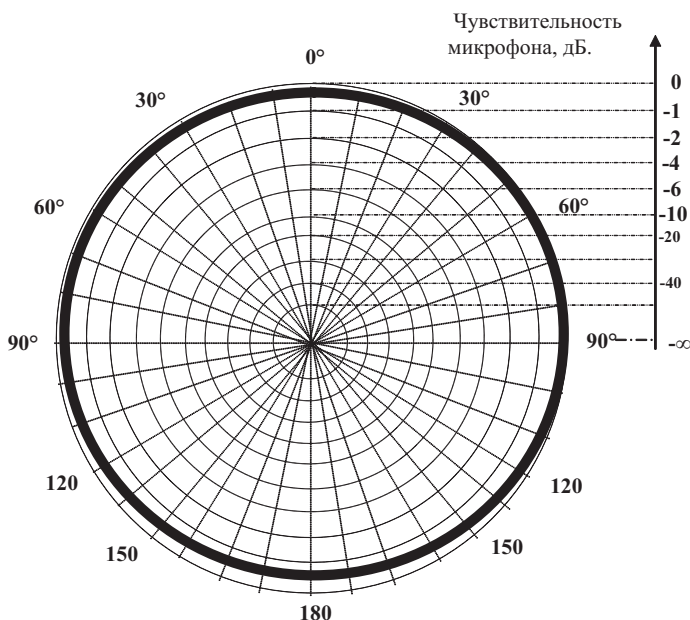


Иллюстрация 4-1. Диаграмма азимутальной чувствительности приёмника звукового давления.

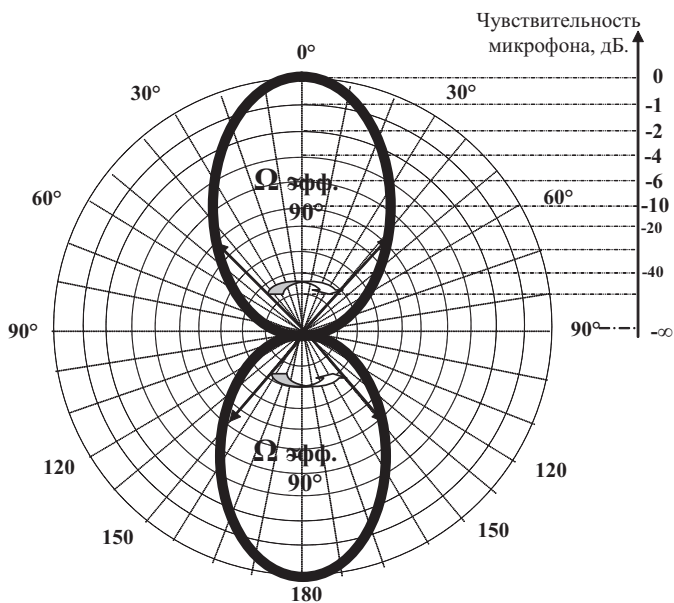


Иллюстрация 4-2. Диаграмма азимутальной чувствительности приёмника градиента звукового давления.

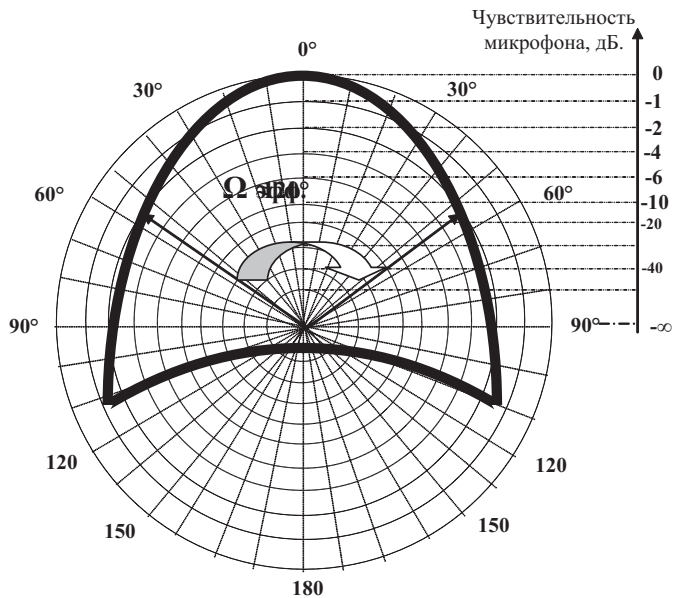


Иллюстрация 4-3. «Кардиоида» - вариант диаграммы азимутальной чувствительности комбинированного приёмника.

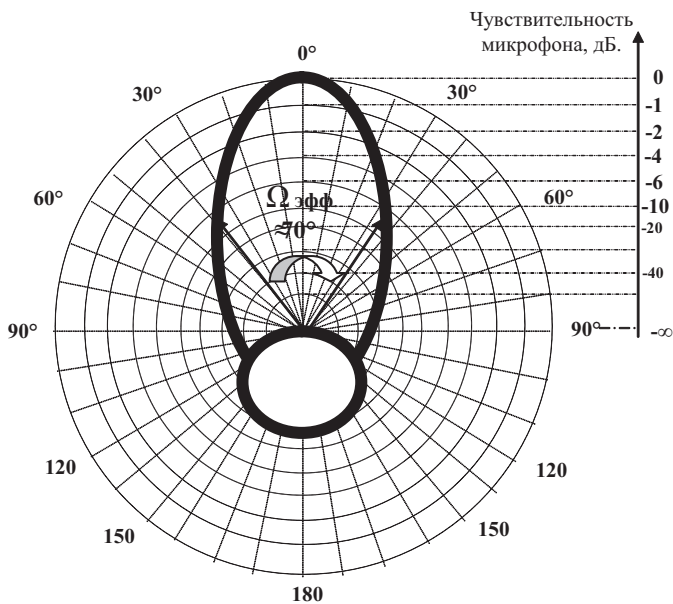


Иллюстрация 4-4. Диаграмма микрофонной направленности в виде суперкардиоиды.

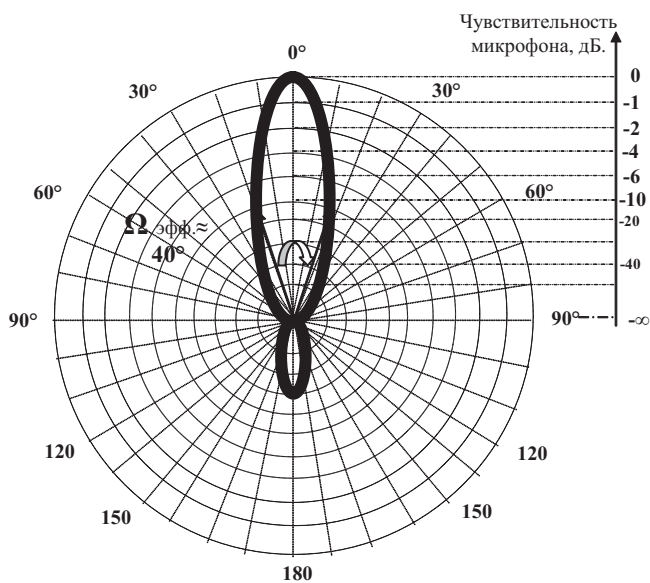


Иллюстрация 4-5. Диаграмма микрофонной направленности в виде гиперкардиоиды.

Говоря об акустико-оптических аналогиях, можно рассматривать ненаправленный микрофон как «съёмочный» широкоугольный объектив, тогда как сверхостронаправленный микрофон подобен телеобъективу, способному при съёмке с большого расстояния передать объект в крупном плане.

Необходимо также помнить следующее:

- выходной сигнал направленных микрофонов падает приблизительно пропорционально увеличению расстояния от них до источников, тогда как у ненаправленных микрофонов он уменьшается пропорционально квадрату этого расстояния;
- приёмникам градиента звукового давления и комбинированным микрофонам, в состав которых они входят, свойственен эффект ближней зоны, когда расстояние между ними и источником становится меньше длины волны излучения (см. выше);
- микрофоны с характеристиками направленности в форме суперкардиоиды или гиперкардиоиды имеют примыкающую к их оси небольшую (в угловом измерении) зону тыльного приёма, по чувствительности сопоставимого с фронтальным;
- частотная характеристика тыльного приёма у многих микрофонов имеет неравномерности, увы, далеко не монотонного характера. Поэтому, несмотря на то, что чувствительность направленного микрофона при падении звуковой волны сзади может быть на порядок ниже, чем при фронтальном приёме, указанные неравномерности приводят к появлению в данном микрофонном канале, так сказать, осколков спектров других источников, с временной задержкой по отношению к их основному звуку, и диффузной окраской, если они расположены на большом удалении. Это явление особенно заметно и неприятно на частотах порядка 2,5–4 кГц, где человеческий слух обладает максимальной чувствительностью.

Отдельно хочется сказать о микрофонах остронаправленных и сверхостронаправленных (так называемых «пушках»). Их пространственная избирательность в пределах малых телесных углов ($\approx 30^\circ$) сохраняется вплоть до приёма низкочастотных звуковых волн, длины которых начинают превышать продольные размеры рабочей части трубки. У этих микрофонов гипертрофированный эффект ближней зоны, усугубляющийся ещё и упомянутым расширением угла акустического зрения, особенно актуальным для

низкочастотных источников звука с большими площадями излучателей, например, литавр.

Благодаря высокой осевой концентрации чувствительности, выходной сигнал этих микрофонов зависит от расстояния до источников значительно меньше, чем у прочих.

Вопрос о позиции микрофона по отношению к источнику звука поясняется двумя следующими рисунками.



Иллюстрация 4-6.

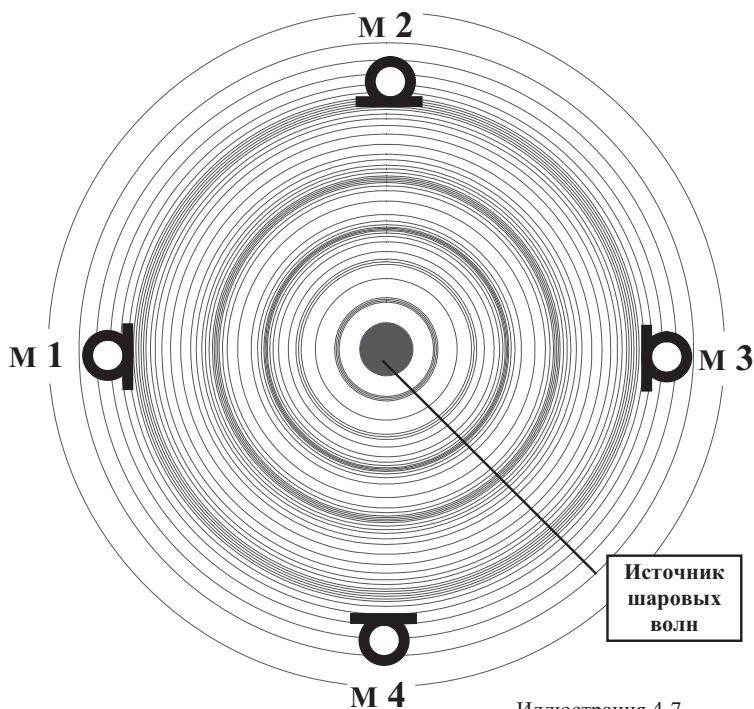


Иллюстрация 4-7

Согласно иллюстрации 4-6, электрический сигнал направленного микрофона **М1**, ориентированного по нормали к источнику плоской звуковой волны, будет выше сигнала микрофона **М2**, расположенного под углом к волновому фронту.

Звуковое давление в поле сферической волны (см. иллюстрацию 4-7) убывает пропорционально квадрату расстояния от источника. Если предположить, что волна — изотропная, то её интенсивность меняется одинаково во всех направлениях. Следовательно, сигналы микрофонов **М1** — **М4**, равноудалённых от источника, при прочих равных условиях, одинаковы (здесь, для простоты, пока не учитывается влияние акустических характеристик *тонателье*). Более того: при большом удалении от источника сферической волны характеристика направленности микрофона становится неактуальной, так как градиент звукового давления здесь существенно низкий.

Практически, для всех источников звука, в частности, для музыкальных инструментов, ближние акустические поля являются по своему характеру смешанными, так как соответствуют сложному спектру возбуждения. Низкочастотные компоненты, в особенности те, для которых соблюдается большое отношение длин волн к размерам излучателей, порождают сферические волны, а среднечастотные, тем более высокочастотные составляющие, в противоположность, — плоские волны. Область существования последних с нужной практической точностью может считаться как бы ограниченной поверхностями, примыкающими перпендикулярно к контуру основной излучающей части музыкального инструмента. Впрочем, для оценки направленности плоской волны иногда достаточно просто использовать центральную ось излучения, особенно, когда не приходится скрупулёзно подбирать место расположения и азимут микрофона во имя полной передачи всех спектральных богатств источника.

Следует вспомнить, что плоскими волнами передаются, во-первых, большинство обертонов музыкальных инструментов, а во-вторых — большинство шумов (*щелчков*), сопутствующих звукоизвлечению. Разумеется, исключения составляют гулкие низкочастотные призвуки, порождающие сферические волны.

В рамках данного параграфа уместно рассмотреть влияние на микрофонный приём *тонателье* как некоего интегрального источника звука. Достаточно заметить, что диффузное звуковое поле

изобилует волнами самых разных форм и направлений, как правило, независимо от характера волн, возбуждающих акустические процессы. Исключения составляют ранние отражения, на что в начале главы уже обращалось внимание. Помещения с плохой диффузностью и маленькие комнаты сразу впечатляют наш слух своей специфичностью, и если последнюю передавать не нужно, то звукорежиссёр обязан не жалеть времени на тщательное исследование архитектурных зон, где, по преимуществу, существуют какие-либо актуальные звуковые признаки.

Не все коллеги разделяют мнения о наличии картины ранних отражений. В особенности это относится к ортодоксальным приверженцам волновой, а не статистической теории акустических процессов в закрытых помещениях. Что ж, переубедить кого-либо не входит в задачи этой книги. В конце концов, не так уж важно, как что называется, когда речь идёт о вещах явно слышимых, пусть это и не акустические рефлексы, а собственные излучения тонателье, клеточки которого от звучащего источника превратились в микроскопические музыкальные инструменты, способные в своём неисчислимом множестве соперничать с огромным оркестром во всей его регистровой и тембральной полноте.

Что касается финальных диффузно-акустических стадий, так называемых «реверберационных хвостов», то в помещениях со сложной внутренней архитектурой часто наблюдаются послезвучания с окраской, так сказать, формантного свойства, почти не зависящей от спектрального состава звука источника. Так ведут себя купола, галереи, балконы, полые замкнутые пространства, примыкающие снаружи к стенам, обрамляющим зал. Наличие направленности этих послезвучаний и простота их обнаружения сомнений не вызывает.

Ясно, что в области существования преимущественно сферических волн использование ненаправленных микрофонов целесообразнее, чем направленных. Контраргументом к сказанному, казалось бы, могло явиться замечание, что приёмники звукового давления, обладающие «круговым зрением», одинаково восприимчивы к прямым и приходящим сзади диффузным сигналам, следовательно, при прочих равных условиях, акустическое отношение в этом случае возрастает, звук «мутнеет», приобретая реверберационную окраску. Но не следует путать восприимчивость (читай:

выходной сигнал) с чувствительностью, хоть это и родственные понятия. Будучи помещённым вблизи самого источника, ненаправленный в значительно меньшей степени передаёт сигналы, отражённые далёкими стенами, а вот в зону расположения направленного приёмника вполне могут попасть акустические отражения, идущие с того же направления, что и звук источника, и соизмеримые с ним по воздействию на микрофон (иллюстрация 4-8).

Будь микрофон **М** ненаправленным, его восприимчивость к акустическим волнам, отражённым от поверхности **Б**, была бы значительно меньше, чем к прямым сигналам саксофона.

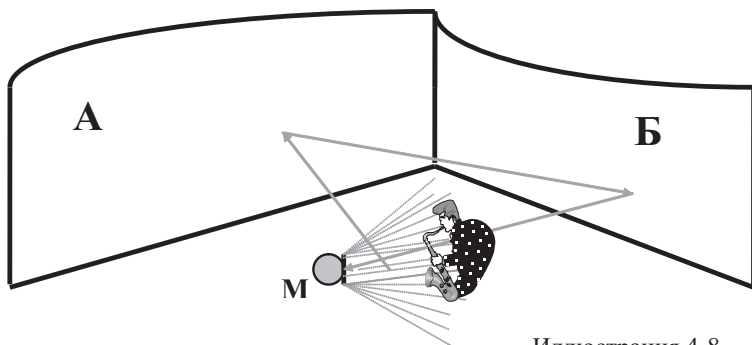


Иллюстрация 4-8

Сами акустические рефлексy могут быть иногда направленно сконцентрированными и мощными. Такое типично для излучателей плоской волны, особенно во время акцентированной атаки звука. Тогда, действительно, применение направленного микрофона может оказаться оптимальным, если только не забывать о проблемах, связанных с эффектом ближней зоны, и, при необходимости, заботиться о том, чтобы, в первую очередь, *фронтальная* сторона приёмника была блокирована от отражённых лучей. Для этой цели за спиной исполнителя (если микрофон ориентирован к нему спереди) следует установить звукопоглощающий щит с диагональю не менее длины волны самого низкого тона в используемом диапазоне музыкального инструмента.

Ситуация становится критической, если размеры помещения для записи — малы, оно недостаточно заглушено и вдобавок обладает плохой диффузностью. В этом случае направленные микрофоны, при всех их недостатках, незаменимы.

Ненаправленные микрофоны легко позволяют корректировать соотношение между, так сказать, нижней, основной, интонационной частью звукового состава источника и его обертонами, преимущественно определяющими тембр. Поскольку второе, в отличие от первого обладает более выраженной направленностью, то вся регулировка сводится к перемещению микрофона в сторону оси этой направленности, либо вовне, в зависимости от задачи.

Если помнить о том, что для коротких звуковых волн микрофон — приёмник давления, благодаря акустической «тени», обладает направленными свойствами, то его разворот тыльной стороной к источнику существенно снизит передачу высоких частот в спектре сигнала, если таковые нежелательны. Этот эффект будет тем заметнее, чем больше габариты приёмной части микрофона.

Надо сказать, что подобная коррекция АЧХ звукопередачи является более деликатной и лишённой артефактов, в отличие от действия разного рода электронных или цифровых фильтров.

Итак, резюмируем: от положения микрофона у источника и его ориентации в пространстве тонателье во многом зависит качество звука, о котором говорилось в начале главы; в максимальной степени это относится к направленным микрофонам, наличие которых сегодня в звукозаписывающих студиях, увы, преобладает.

Как только выясняется структура направленности основных и обертоновых составляющих музыкального инструмента, так манипуляции с микрофоном превращаются из движений слепого котёнка в целеустремлённый поиск индивидуального тембра. Не требует пояснений то, что взаимно-встречное совпадение осей наибольшей, точнее, суммарной направленности источника (да простят акустики такую вольную формулировку!) и приёмника обеспечивает всю возможную полноту передачи спектра. И наоборот, наличие угла между этими осями приводит к тембральной нивелированности, что тоже может входить в режиссёрскую задачу.

К примеру, фонографический образ опустошённости можно получить путём следующего способа микрофонного приёма: если источник излучает всё обертоновое богатство вперёд и немного вверх, как, к примеру, скрипка, а микрофон расположен сзади артиста и невысоко.

Можно гарантировать, что никакими другими электроакустическими способами такого естественного слухового ощущения не добиться.

Преждевременно сожалеть о том, что музыкальный материал не всегда допускает такие ощутимые тембральные привнесения, разве что в произведениях крупных форм, где драматургическое богатство рождает обилие звукорежиссёрских фантазий. Современная фонографическая эстетика в её серьёзных изысканиях богата экспериментами самых разных направлений, изобилующих всевозможными неожиданностями, лишь бы находки были впечатляющими и оправданными.

Полнота передачи акустического объекта теснейшим образом связана с расстоянием между источником и микрофоном, особенно когда последний является направленным. Это расстояние одновременно влияет как на характер, так и на количество звука (см. выше). Музыкальные инструменты больших габаритов, со множеством мод колебаний, однородные группы инструментов, хоры требуют полного их охвата при микрофонном приёме. Уменьшение дистанции приведёт к подчёркиванию локальных акустических зон или отдельных инструментов группы, а её увеличение сверх меры даст возрастание акустического отношения, диффузной окраски. Так что оптимум здесь всецело подчиняется художественным целям.

В этом аспекте следует иначе оценивать эффективный угол микрофонного приёма. Чтобы края «охвата» источника и центральная его часть передавались с незаметной громкостной разницей, следует использовать ту область направленности, где спад чувствительности не превышает 2–4 дБ. Для примера, в случае кардиоиды этот угол составит примерно 60°–80°.

Использование направленных электроакустических приёмников в современных музыкальных жанрах и соответствующих студийных технологиях продиктовано ещё так называемым многомикрофонным методом, когда для передачи группового или комбинированного источника, например, ударной установки не всегда удаётся получить желаемую фонографию с помощью одного-единственного микрофона. Причина тому кроется в чрезвычайно сложных и разнородных структурах звуковых полей группы инструментов, входящих в состав акустического объекта.

Естественно, для начала анализ каждой пары **источник—микрофон** проводится сепаратно. Устанавливаются, как всегда, основные направления излучения, принимаются решения, что и как «снимать». В основе этих решений лежит вопрос о том, должен ли инструмент излагаться во всей тембральной полноте, либо

достаточно лишь обозначить его. Это определит если не тип микрофона в смысле диаграммы направленности (выбор последней, как уже говорилось, может быть обусловлен и другими причинами), то **какое-то количество** вероятных мест его расположения.

Здесь в появлении множественного числа не следует усматривать стилистическую ошибку. Вторая стадия подготовки звукорежиссёра к микрофонному приёму как раз и состоит в альтернативных поисках, ибо встаёт новый вопрос: как обеспечить акустическую изоляцию данного микрофонного канала от звуков инструментов, соседствующих с собственным? Разумеется, речь не идёт о полном исключении взаимопроникновения. Нужно обеспечить такое сигнальное разделение, когда возникает относительная свобода в громкостных и спектральных манипуляциях для каждого из каналов; при этом максимально снижаются влияния на «чужой» источник.

Первое, что могло бы прийти в голову, так это — развернуть однонаправленный микрофон тылом в нежелательную сторону, и вопрос закрыт. Но для такого решения нужно быть уверенным в том, что характеристика направленности микрофона не является суперкардиоидной или гиперкардиоидной, ибо в этих случаях существует достаточная восприимчивость микрофона сзади, пусть даже ограниченная как по углу приёма, так и по чувствительности.

Правильным представляется расположение микрофона под таким углом к «чужому» источнику, когда тот оказывается ориентированным в направлении минимальной чувствительности приёмника. Как раз для супер — или гиперкардиоид этим ориентиром является почти перпендикуляр к оси микрофона.

Проще всего, при участии ассистента, находить микрофонный азимут опытным путём, особенно, если техническая документация на микрофон отсутствует, либо в ней не приводится диаграмма направленности. Компромиссные варианты ищутся совместно с исполнителями, которые внимательно относятся к просьбам звукорежиссёра о каких-либо вариациях в процессе микрофонной настройки.

Задача существенно упрощается, если несколько микрофонов используются в качестве вспомогательных совместно с так называемым общим, обзорным микрофоном, звук которого, в конечном счёте, будет основным, передающим полную, объёмную картину сложного источника, а сигналы локальных микрофонов придадут

этой картине дифференцированность, насыщенность, выполнять, так сказать, акустическое моделирование, подобно дополнительному свету, применяемому в изобразительной технике. Ясно, что проблема взаимопроникновения сигналов между соседними парами микрофонов и источников становится уже менее актуальной, коль скоро качество звуковой смеси предопределено наличием общего микрофона.

Здесь свойства локальных микрофонов полностью должны использоваться для оптимальной передачи только лишь собственных, **подчёркиваемых** звуковых объектов. В художественном смысле необходимо обращать внимание на изобразительное соответствие элементов обзорного плана и их локальных дополнений, а именно: без специфической обоснованности не следует подмешивать в общую картину сверхкрупные детали каких-либо источников, полученные путём, так сказать, макросъёмки, когда слишком близко установленный локальный микрофон «вырывает» из объекта только фрагмент, который по своим акустическим, в частности, спектральным признакам оказывается неадекватным этому же объекту в общем изображении.

В главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**» будет рассмотрен вопрос об иллюзии размерности (объёмности) квази-объектов. Для этой цели часто применяют два, а иногда и большее число микрофонов, устанавливаемых у одного источника. Вопрос направленности этих микрофонов в данном аспекте принципиального значения не имеет. Следует только иметь в виду фазовое соотношение сигналов, поскольку они будут смешиваться, предположительно, в одной области стереофонической картины; в чисто техническом смысле — суммироваться. Электрическая интерференция приведет к резко неравномерной, почти гребенчатой спектральной характеристике звукопередачи, что не замедлит сказаться на тембре. Это особенно актуально для тех областей спектра, где длины волн излучения соизмеримы с расстоянием между микрофонами.

Специфическим случаем является установка двух микрофонов у разных сторон барабанов или больших бонгов (том-томов) при наличии двух мембран («пластиков»). Воздушный столб в замкнутом пространстве этих музыкальных инструментов при атаке вызывает согласованные колебания мембран на частоте основного тона, которые микрофонами, расположенными навстречу

друг другу, воспринимаются, как противофазные. В результате, при смешивании микрофонных сигналов основные тона инструментов заметно уменьшаются, атаки становятся обострёнными.

Однако ситуацию не следует рассматривать, как катастрофическую. Во-первых, сигналы двух микрофонов не обязательно должны смешиваться в равных долях, и это уже упрощает проблему. Во-вторых, в микрофонных каналах подавляющего большинства современных звукорежиссёрских пультов имеется инвертор фазы входного сигнала, который используется, если дело принимает критический характер. В-третьих, упомянутые спектральные изменения легко регулируются небольшими вариациями положения микрофонов; этим достигается тембральный оптимум. И вообще, полученная совокупная окраска, как ни странно, может иной раз оказаться не просто приемлемой, но даже выразительной и привлекательной в своей необычности.

Чтобы использовать два микрофона для конкретизации горизонтальных границ большого звукового объекта, например, оркестра, без боязни нарушить фазовую корреляцию сигналов правого и левого каналов, необходимо устанавливать их на максимально возможном угловом расстоянии по отношению к центральной части объекта, для которой фазовый сдвиг наиболее актуален при совмещении двухканальной записи в монофоническом устройстве воспроизведения (см. иллюстрацию 4-9).

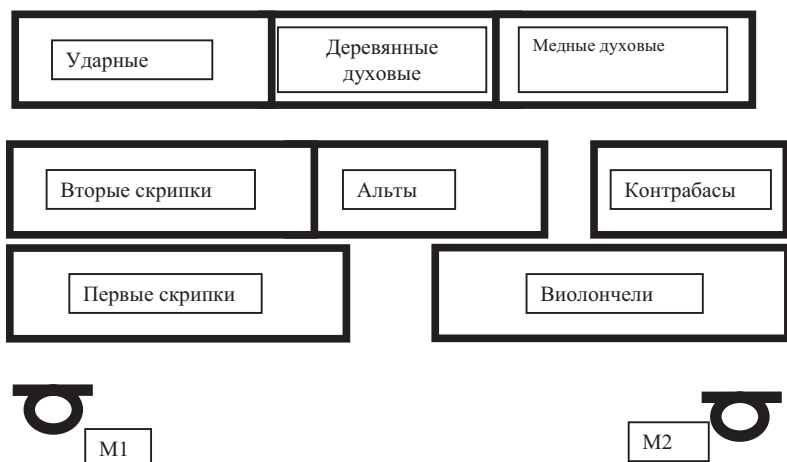


Иллюстрация 4-9

Использование направленности стереомикрофонов, вообще говоря, подчиняется тем же закономерностям, о которых говорилось выше. Дополнительно следует усвоить, что диаграммы направленности совмещённых стереофонических приёмников, точнее, пространственный угол обзора каждого из микрофонов, определяют максимальный «разворот» стереопары, при котором фонографическое изображение большого объекта (рояля, хора, инструментальной группы или оркестра в целом) при всей полноте охвата источника не будет иметь разрыва в центре стереофонической картины. На практике такая ситуация отчётливо наблюдается, когда стереоприёмники с диаграммой направленности в виде «восьмёрки», где половина эффективного телесного угла может не превышать 30° – 40° , разворачиваются до взаимного угла в 90° , и звуковое изображение теряет слитность, обнажая два совершенно очевидных азимута — левый и правый, благодаря неоднородности источника (иллюстрация 3-10).

Впрочем, «разорванное» пространство как фонографический образ вполне употребимо, и не следует запрещать себе пользоваться этим приёмом только оттого, что данный вопрос подвергнут здесь такому педантичному обсуждению.

§ 4-3. Связь чувствительности микрофона с динамическими характеристиками источника звука

Профессиональные студии звукозаписи располагают высококачественными микрофонами, работающими в довольно широком диапазоне принимаемых звуковых давлений. Тем не менее, необходимо знать, что разные типы электроакустических преобразователей обладают различной чувствительностью и разной *перегрузочной способностью*, то есть параметром, определяющим максимально возможное звуковое давление источника, при котором ещё не наступают искажения передаваемого сигнала. Не вдаваясь в сугубо технические аспекты вопроса, отметим только, что, как правило, чувствительность и перегрузочная способность микрофонов связаны друг с другом противоположным образом: чем выше одно, тем хуже (ниже) другое. Косвенное подобие сказанному наблюдается и во взаимосвязи перегрузочной способности и частотного диапазона микрофонной передачи. Всё это особенно

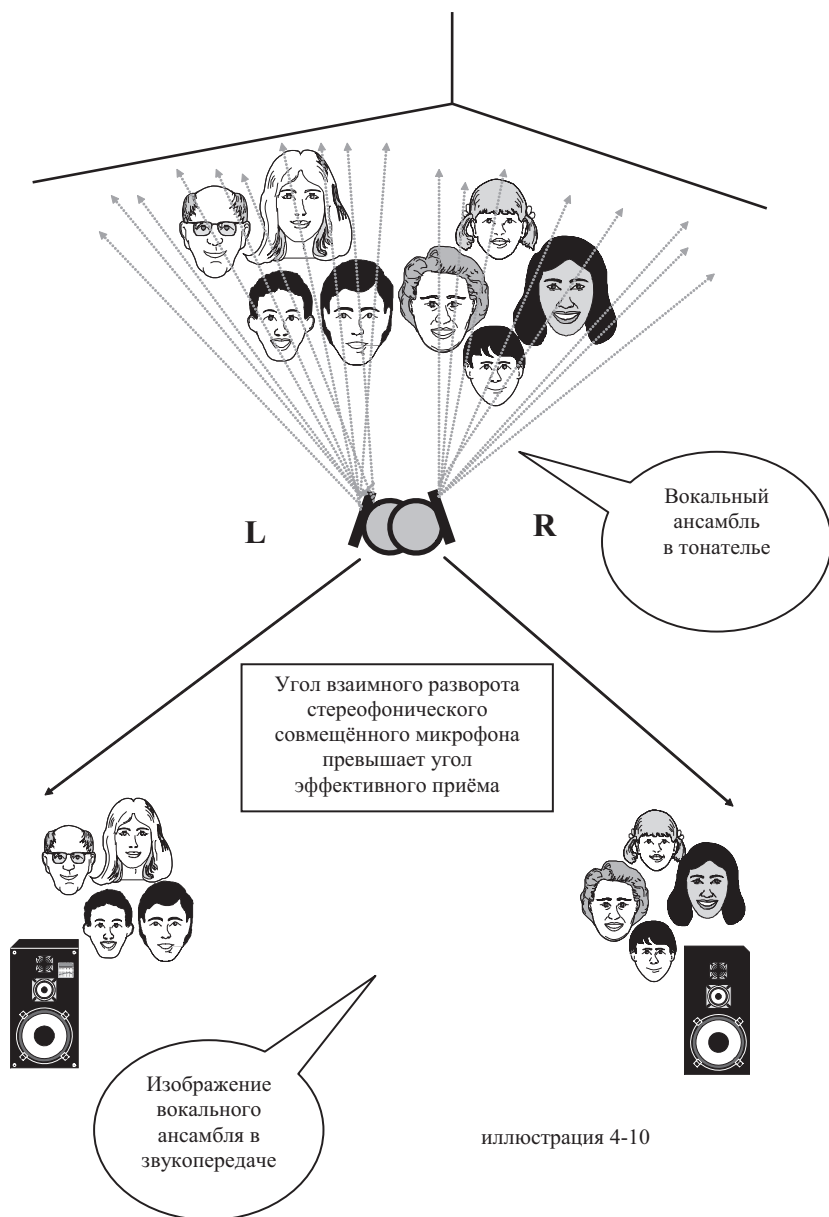


иллюстрация 4-10

характерно для электроакустических приёмников, содержащих активные, т. е. электронные звенья, усилительные или согласующие.

Поэтому, при прочих равных условиях, динамические катушечные микрофоны выдерживают большую акустическую нагруз-

ку, чем конденсаторные. Промежуточное положение между ними занимают ленточные приёмники градиента звукового давления.

Нужно относиться с повышенным вниманием к рассматриваемому вопросу, ибо искажения, возникшие на стадии микрофонного приёма вследствие перегрузки, исправить в дальнейшем — **невозможно**.

В технических паспортах всегда указывается максимальное звуковое давление, при котором микрофон работает ещё *линейно*. В справочниках по акустике музыкальных инструментов можно найти сведения о давлении, развиваемом ими в нюансах *ff* — *fff*. Понятно, что на основании этих данных ориентировочно решается вопрос взаимосогласования. Однако в расчёт следует принимать не просто среднестатистические характеристики источников. Необходимо учитывать величину пик-фактора, указывающего на **действительно максимальное** звуковое давление, развиваемое акустическим объектом в атаках или иных экстремальных превышениях номинального значения.

Чувствительность конденсаторного микрофона, снабжённого электронными преобразователями переменного ёмкостного тока в выходное напряжение, может быть снижена оперативно. У большинства конструкций имеется переключатель, позволяющий уменьшать чувствительность, соответственно, повышать перегрузочную способность в интервале (5–20) дБ. Не следует, впрочем, безоглядно снижать чувствительность микрофона до предельного значения, чтобы навсегда перестать думать об электроакустических перегрузках. Эпизоды, нюансируемые в *pianissimo*, могут потребовать дополнительного последующего усиления, а если таковое осуществлять за счёт входных звеньев звукоорежиссёрского пульта, то наверняка возникнет проигрыш в уровне электрического шума.

Существует ещё одна причина электроакустической перегрузки, о которой не найдётся сообщений ни в технической документации, ни в справочниках. Речь идёт о работе приёмников градиента звукового давления, и вообще направленных микрофонов вблизи низкочастотных источников звука. В большинстве случаев усиление нижней части спектра очевидно, и, так как известно об эффекте ближней зоны, перегрузку можно предусмотреть. Но бывает, что искажения возникают, казалось бы, без всякой слышимой причины. Это происходит тогда, когда в акустическом спектре однородной

группы музыкальных инструментов, особенно инструментов нижнего регистра — тромбонов, валторн, виолончелей, контрабасов *arco* или в хоре появляются инфранизкочастотные составляющие унисонной природы. Поскольку эта спектральная область воспроизводится далеко не всякими аудиомониторными устройствами, то адекватных слуховых ощущений не будет. Будут слышны лишь продукты искажений.

Напомним, что в таком случае обращает на себя внимание недостаточное *количество звука* (см. выше), вопреки большим показаниям индикатора уровня.

Вообще говоря, наличие инфранизкочастотных колебаний в акустических спектрах может иметь другую этиологию, связанную, например, с особенностями архитектуры тонателье. К подобным по своему характеру искажениям приводят и стоячие волны.

Во избежание указанных дефектов в микрофонных конструкциях предусматриваются фильтры ВЧ первого или второго порядка с частотами среза от 30 до 300 герц. Пользоваться следует непременно этими фильтрами, а не корректорами микрофонных каналов звукоорежиссёрского пульта, пусть последнее и представляется более комфортным. *Устранять искажения необходимо там, где они возникают.*

Чисто механическая перегрузка микрофонов встречается значительно реже; на практике она связана с наличием в акустических сигналах мощных составляющих аэродинамического типа. Чаще всего с нею сталкиваются при записи вокалистов, когда артикуляция взрывных согласных сопровождается концентрированной воздушной струей. С этим явлением, именуемом в звукоорежиссёрском обиходе «задувание», борются средствами так называемой *ветрозащиты* — колпачка из акустического поролона, надеваемого на микрофон. Но, создавая действительное препятствие струе воздуха, такой колпачок проявляет серьёзный недостаток, связанный с поглощением высокочастотных акустических компонент. Разные конструкции ветрозащитных устройств позволяют в той или иной степени снижать этот недостаток, но ни одно из них не лишено его полностью. Весьма эффективными представляются ветрорассеиватели из тонкой плотной металлической или капроновой сетки, устанавливаемые под некоторым углом на пути от источника к микрофону. Их действие основано не на поглощении воздушной струи, (и высокочастотных колебаний), а на её рассеивании, уменьшении

её концентрированности, соответственно, аэродинамичности; при этом нагрузка на микрофон ощутимо снижается.

Необходимо знать, что «задуванием» чреватые не только вокалисты, амбюшурные и лабиальные духовые инструменты при ближнем приёме. Многие ударные инструменты, особенно если учитывать их современную динамику, формируют вблизи себя акустические потоки вполне аэродинамического свойства.

К области паразитных реакций микрофонов следует отнести также их чрезвычайную чувствительность к механическим вибрациям. Правда, эта проблема скорее касается устройств для крепления и установки приёмников, но упомянуть о ней здесь нужно, ибо результаты вибрации, в конечном итоге, проявляются в микрофонном сигнале.

Несмотря на то, что большинство крепёжных конструкций оснащены специальными амортизаторами, вибрации пола под ними всё-таки доходят до приёмной части, особенно, если спектр механических помех сосредоточен в низкочастотной или, что ещё хуже, в инфразвуковой области. Такое характерно, к примеру, для поездов метрополитена, когда подземная линия проходит вблизи здания студии. Почва отфильтровывает вибрацию, сообщая тонателье самые низкочастотные составляющие колебаний.

Далеко не всякие студии располагают специфическими, так называемыми *плавающими* полами в тонателье типа «коробка в коробке». Подобные конструкции эффективно защищают микрофоны от вибраций, в том числе и низкочастотных. Взамен же можно рекомендовать лишь массивные, толстые резиновые ковры, маты или даже мягкие кресла, пуфы, располагаемые под микрофонными стойками. Однако при этом не следует забывать, что упругая подкладка и массивная микрофонная стойка образуют колебательную систему, резонанс которой может находиться в инфразвуковой области; тогда защитная конструкция превращается в усилитель внешних вибраций. Избавиться от такого феномена можно, заменив подложку на более или менее мягкую.

Дефекты от инфрачастотных вибраций не всегда проявляются напрямую, то есть в виде акустического продукта, излучаемого громкоговорителями, благо далеко не все из них воспроизводят сверхнизкочастотные колебания, информировать о которых способны, впрочем, пиковые индикаторы уровня. В конце концов, можно превентивно употребить электрическую коррекцию

(фильтры ВЧ), если таковая, конечно, не повлияет отрицательно на полезный сигнал.

Описанная проблема усугубляется двумя другими связанными обстоятельствами. Во-первых, вибрационная инфранизкочастотная добавка к колебаниям приёмной мембраны микрофона приближает условия его работы к пределу перегрузочной способности, что чревато появлением нелинейных искажений. Во-вторых, опять возникает ощущение в «недостаточности» звука, при повышенных показаниях индикаторов, к коим, как теперь стало ясно, нужно относиться со вниманием.

Если сами музыкальные инструменты или отдельные части их конструкций (большие ударные, педальный механизм рояля, и т. п.) становятся источниками механических вибраций, то это также следует расценивать и как причины повышенной слышимости «чужих» звуковых объектов в чувствительных соседних микрофонных каналах, и как причины передачи различного рода призывков.

До сих пор мы рассуждали об экстремальных явлениях — большом динамическом давлении, воздушных струях, перегрузках. Однако, не меньший интерес вызывает поведение микрофонов в области слабых сигналов. Прежде всего, нужно отметить, что собственные шумы электроакустических преобразователей, в особенности конденсаторных, не всегда позволяют передать весь динамический диапазон музыкального или речевого источника, вплоть до *piano-pianissimo*. Вряд ли целесообразно, пользуясь техническими документами, предопределять, годится ли тот или иной микрофон к использованию с тихими источниками. Нужно просто проявлять внимание к данному вопросу, следя на практике за соотношением полезного звука и микрофонного собственного шума, несмотря на то, что современные студийные конденсаторные микрофоны рекомендуются к применению в цифровых трактах, где динамический диапазон передачи не менее 86 дБ.

Что касается динамических микрофонов, то уровень их собственных шумов очень мал. Тем не менее, ограничения в области слабых сигналов при их использовании существенны по двум причинам. Во-первых, их низкая, по сравнению с конденсаторными микрофонами, чувствительность заставляет повышать усиление входных цепей звукоорежиссёрского пульта, и шум может возникнуть «не там, так здесь». Во-вторых, студии часто работают с динамическими микрофонами, предназначенными для концерт-

ного использования, где весьма актуальным является устранение паразитных акустических связей, во имя чего в микрофонной конструкции предусматриваются различные способы демпфирования преобразователя на малых сигналах (что, кстати сказать, косвенно обостряет диаграмму направленности). В студийной же практике преимущество внезапно превращается в недостаток, как только подобный динамический микрофон, к примеру, убирается от малого барабана, и устанавливается у флейты; при этом передача звуков третьей октавы в *ff* оказывается вполне приемлемой, а нижнее субтильное *сн* (малой октавы) вовсе не слышно.

Пример, конечно, немного утрирован для пушей убедительности, но тенденции действительно таковы.

В этом параграфе уместно проанализировать ещё одну из причин подчёркивания в звукопередаче звонких и шипящих согласных человеческой речи. Обращает на себя внимание, что это проявляется, когда речь или пение — **тихие**, и микрофон, соответственно, расположен близко ко рту. Последнее наводит на мысль о «задувании», но оказывается, что никакие способы ветрозащиты не спасают.

Дело в том, что уровень согласных звуков, практически, не зависит от громкости разговорной или вокальной речи, оцениваемой слушателем за счёт уровня гласных звуков. Следовательно, микрофон, адаптированный на восприятие тихого голоса, имеющий, соответственно, повышенную чувствительность, передаёт согласные, так сказать, суперпропорционально, что незамедлительно подчёркивается аудиомониторами, когда они создают уровень громкости, превосходящий естественный человеческий. Никаких нелинейных искажений при этом нет, как нет и искажений частотной характеристики звукопередачи. Поэтому целесообразность использования для коррекции этого феномена частотно-зависимого компрессора, известного под романтическим названием «де-эссер», не является столь уж несомненной, так как его влиянию подвергаются заодно и совершенно безобидные участки исправляемой фонограммы.

Проще и точнее было бы разъяснить артисту ситуацию, и просить его, по возможности, читать или петь громче.

Возвращаясь к вопросу о возможных перегрузках микрофона целесообразно упомянуть о многомикрофонном способе передачи звука, когда на каждый из приемников действует сигнал не только собственного источника, но вся совокупность звуковых волн

тонателе. Такой суммарный акустический сигнал при большой мощности, скажем, в оркестровом *tutti*, вполне может вызвать перегрузку какого-нибудь из микрофонов, чья чувствительность, сообразно динамическим особенностям объекта его приёма, достаточно велика. В этом случае следует позаботиться об изоляции такого микрофона от общего акустического поля, либо оптимальной его ориентации на источник.

§ 4-4. Особенности стереофонического микрофонного приёма

Стереофонические совмещённые (X / Y) микрофоны имеют, вообще говоря, такой же список параметров, как и микрофоны монофонические. Условия их использования, по сути дела, не отличаются от тех, что описаны выше, кроме разве что особого учёта угла эффективной направленности, о чём сообщалось в § 4-2.

Тем не менее, существует одно требование, игнорирование которого всегда приводит к тому, что фонографический результат не соответствует ожиданию. Речь идёт о полной согласованности всех параметров электроакустических приёмников левого и правого направлений. В особенности это условие должно выполняться для фазочастотных характеристик. В противном случае звуковое изображение теряет стереофоническую конкретность: локализация виртуальных фрагментов звуковой картины если и существует вообще, то не имеет никакого подобия расположению источников в реальном акустическом пространстве.

В максимальной степени указанный дефект проявляется в паре монофонических микрофонов, когда ею хотят полностью заменить совмещённый стереомикрофон. Если добросовестные изготовители электроакустических приёмников ещё заботятся о взаимной согласованности элементов стереокомплекта, то в случае мономикрофонов такая задача вовсе не ставится. Поэтому, когда в распоряжении звукорежиссёра не оказывается стереофонического микрофона, то пару мономикрофонов следует подбирать очень тщательно. Лучше всего, если этим делом займутся квалифицированные инженеры-акустики. И уж само собой разумеется, что использовать для такой цели микрофоны разных типов или марок категорически нельзя.

Нужно сказать и об иных причинах «размазанности» звуковой картины. Подобное случается, если стереомикрофон установлен в такой зоне тонателье, где ранние отражения, наиболее тесно коррелированные с прямыми сигналами, нарушают временные или фазовые соответствия акустических волн левого и правого азимутов. Более того, возникающие интерференционные эффекты изменяют ещё и амплитудно-частотные свойства прямых излучений, что усугубляет ситуацию. Поэтому залог успеха состоит в расположении источников и микрофонов как можно дальше от стен тонателье, обладающих высокой отражающей способностью, либо в блокировании отражений посредством поглощающих или рассеивающих акустических конструкций (щитов), эффективных хотя бы в средне- и высокочастотной областях звукового спектра.

«Фазовый хаос» и интерференция звуковых волн особенно вредны для уже упоминавшейся стереопары из монофонических микрофонов. Поскольку преимущественные излучения протяженным акустическим объектом имеют горизонтальные направления, то и фазовые (временные) смещения волн наиболее актуальны для разных точек тонателье, находящихся в горизонтальных плоскостях. Не зря конструкции стереофонических совмещённых микрофонов предусматривают, как правило, их вертикальную установку: именно в этом случае, учитывая приведенные обстоятельства, обеспечивается максимальная гарантия «чистой» амплитудной стереофонии. Поэтому искусственно сооруженная стереопара должна по расположению монофонических приёмников напоминать совмещённый в вертикальной оси стереомикрофон с соответствующим разворотом в левую и правую стороны.

Существует идея изоляции каждого из мономикрофонов от акустических сигналов «чужого» направления, заключающаяся в том, что между приёмниками устанавливается поглощающая перегородка. Об эффективности такой конструкции можно говорить лишь в случае звуковых волн, длины которых не превышают размера (диаметра) этой перегородки, ибо только тогда реальна создаваемая ею акустическая тень.

Аналогичные рассуждения должны касаться вообще всех механических способов коррекции направленности микрофонов, в частности, установки тыловых отражателей / поглотителей для обеспечения сугубо одностороннего приёма.

Высококачественный стереофонический микрофон действует аналогично фото(кино)съёмочной стереоскопической паре объективов, и фонография, полученная с его помощью иной раз настолько убедительна в широтно-пространственной передаче множественного звукового объекта, например, хора или оркестра, что отпадает необходимость в дополнительных акустических «подсветках». Полнота и реальность виртуального зрелища сообщает звуковой картине такую прелесть, с которой не сравнятся никакие изыски спектрального толка или специфическая обработка звука, в особенности, когда мы имеем дело с записями классических жанров.

Но если для детализовки стереофоническое изображение комбинируется с локальными монофоническими фрагментами, то самое слитное фонографирование будет получено при соосном совпадении ориентаций стереофонического (удалённого) и монофонического (относительно близкого) микрофонов на интересующий нас источник. Объяснение простое: в этом случае азимутально едины спектральные составы направленных излучений (иллюстрация 4-11).

Разумеется, сказанное имеет смысл, если звукоизображение всецело подчинено идее естественного подобия; для многих современных жанров такие обстоятельства неактуальны. Каждый фонографический персонаж может существовать автономно, лишний раз подтверждая мысль Блеза Паскаля о том, что общество — это конгломерат индивидуумов.

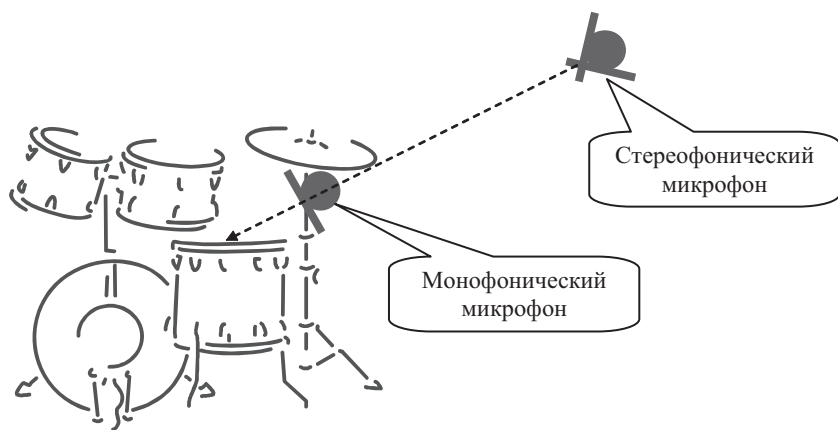


Иллюстрация 4-11

И добавка, даже небольшая, в общую стереофоническую картину сигнала источника, не совпадающего по акустическому ази-

муту с «генеральным направлением», может дать ощущение появления в фонографическом ансамбле почти нового голоса. Это особенно эффективно для чрезмерного укрупнения изображаемой детали (иллюстрация 3-12).

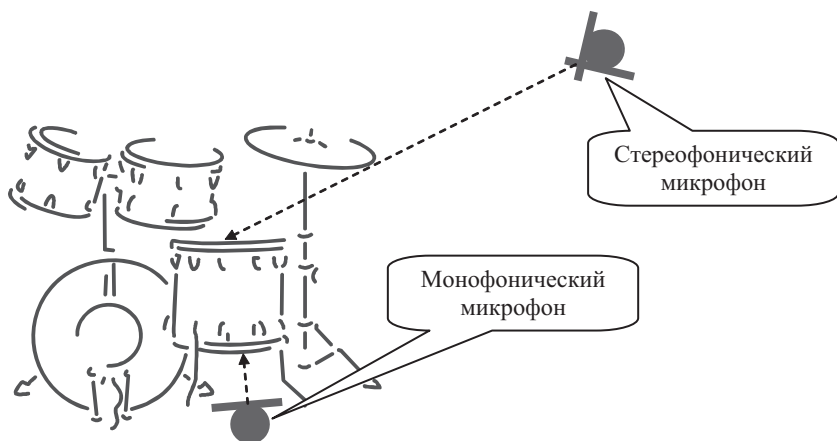


Иллюстрация 4-12

Отступления от канонического использования совмещённого стереофонического микрофона дают довольно интересные фонографические результаты. Так, например, выключение направленности во имя оптимизации электроакустических свойств (см. выше), заставляет расположить стереомикрофон горизонтально, ибо в противном случае из-за ничтожной разницы интенсивностей акустических волн в вертикальном направлении полученная звуковая картина будет чрезвычайно «узкой», почти монофонической. Но когда совмещённые приёмники находятся на горизонтальной оси, то фонография приобретает затейливую стереометрическую динамику, состоящую в том, что локализация тех или иных виртуальных источников звука становится зависимой от спектрально-геометрических свойств передаваемых объектов. Это объясняется возникновением направленности микрофонов на высоких частотах, поддерживаемой возрастающим фазовым сдвигом вдоль акустической горизонтали. И в кажущейся изобразительной неразберихе то там, то здесь возникают азимутальные блики, чудесным образом освещающие картину, не отягощённую, казалось бы, стереометрической дидактикой. Разумеется, получаемая нестационарность, более того, неуправляемость результата требует применять

такой способ с должной предусмотрительностью, так как на него ложится драматургическая нагрузка.

Огромное впечатление производит на слушателя стереофоническая звукопередача по так называемой системе MS (от нем. Mitte — середина и Seiten — стороны). Открытый в 60-х годах XX века, этот способ, к сожалению, не нашёл широкого применения из-за невыполнения требований совместимости стереофонических фонограмм при моновоспроизведении. Однако полученный эффект оказался настолько необычным и богатым в своей фонографической выразительности, что сегодня к нему возвращаются в том или ином виде.

Суть метода состояла в использовании совмещённого X / Y стереомикрофона, один из приёмников которого являлся ненаправленным, а другой — имел характеристику направленности в форме восьмёрки (иллюстрация 4-13). Микрофон устанавливался на оси симметрии источника (как правило, хора или оркестра), причём направленная его часть ориентировалась перпендикулярно этой оси, «оглядывая», так сказать, стороны объекта, точнее, диффузную часть звукового поля. Предполагалось, что источник звука находился в оптимальных акустических условиях, и был сбалансирован в громкостном и тембральном отношениях; оставалось только «сфонографировать» его. План звукоизложения регулировался изменением расстояния от микрофона до объекта.

Стереомикрофон коммутировался на звукоорежиссёрском пульте специфическим образом, с помощью суммарно-разностного преобразователя, посылающего в один из своих выходных каналов сумму сигналов ненаправленного и направленного приёмников ($M + S$), а в другой — их разность ($M - S$).

Наличие противофазной составляющей в звуковой программе (что, собственно, и нарушало самым категорическим образом условие совместимости), активизировало особые психофизиологические механизмы восприятия, создававшие у слушателя ощущение так называемой «сверхбазы», то есть впечатление, будто виртуальная ширина передаваемого объекта заметно превышает расстояние между громкоговорителями. Ясно, что на тогдашнем уровне развития стереофонической техники и эстетики звукопередачи подобное воспринималось как большое откровение.

В настоящее время имитациями «сверхбазы» занимаются специфические устройства обработки электроакустических сигналов

по программам ***SURROUD*** или ***SUPERROUND***. Они также используют противофазные включения.

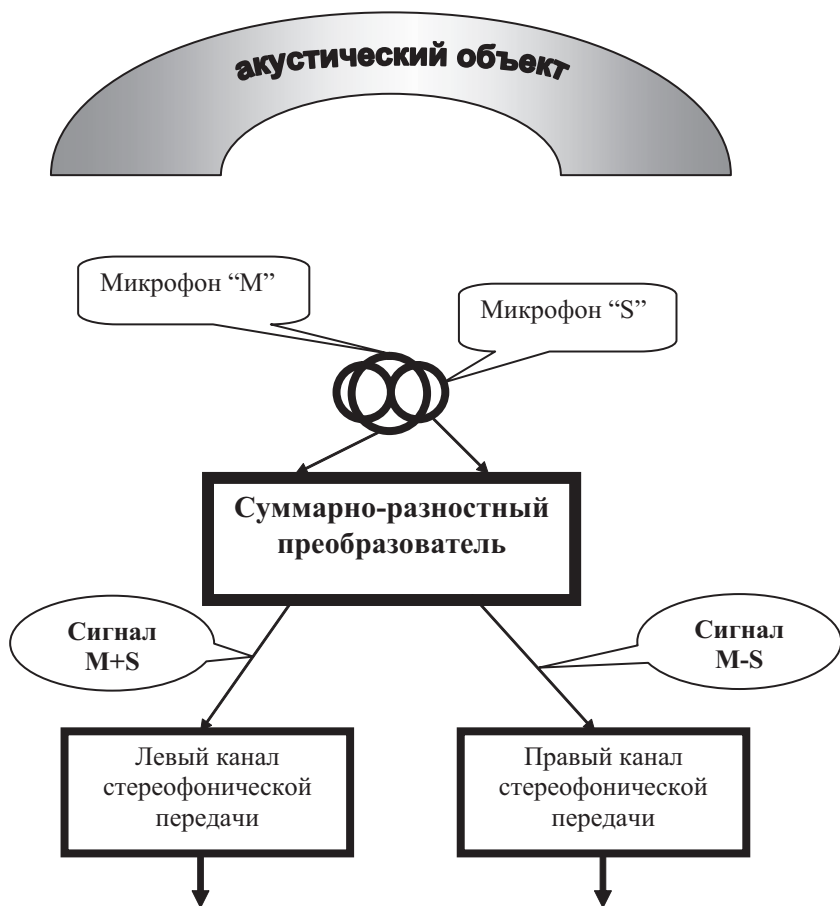


Иллюстрация 4-13

§ 4-5. Расположение артистов и микрофонов в тонателее

Главная цель, которая при этом преследуется, состоит в создании максимальных удобств для музицирования или драматургического общения исполнителей, а также в обеспечении оптимальных условий для установки микрофонов.

Самыми простыми являются случаи, когда артисты работают «в одиночку», паче чаяния это диктуется выбранной технологией записи. Современные профессиональные студии располагают несколькими тонателье небольших размеров (кабинами), акустически изолирующими артистов друг от друга, обеспечивая, таким образом, сепаратную передачу и обработку микрофонных сигналов; многодорожечные комплексы позволяют разделять исполнителей во времени, записывать материал путём последовательных наложений музыкальных партий. Известны случаи применения подобных способов даже для записи драматических произведений, если фонографические мизансцены сообразно звукорежиссёрской концепции должны объединяться в полиакустические пространства, а единое тонателье не даёт возможности реализовать такой замысел при синхронном исполнении.

Принципы установки микрофона (микрофонов) у одного объекта подробно рассмотрены в данной главе, и расположение единственного артиста в студии видимых проблем не вызывает. Хочется только напомнить о влиянии отражающих поверхностей тонателье на пространственные ощущения в звукопередаче. Если имитация маленькой комнаты не входит в фонографическую задачу, то чем ближе исполнитель и микрофон будут находиться к центру тонателье, и чем больше будут размеры последнего, тем меньше «будут слышны стены». Конечно, предполагается, что сама центральная часть тонателье не является средоточием каких-либо акустических аномалий и реверберационных флуктуаций, о чем говорилось в начале главы и в §§ 4-1 и 4-2. В противном случае для «электроакустической съёмки» ищется другое место.

Повествование произвольно привело к упоминанию ещё одной из причин окрашивания свистящих и шипящих речевых согласных. Когда поверхности, хорошо отражающие высокочастотные акустические колебания расположены настолько близко к исполнителю и микрофону, что амплитуды прямых и отражённых волн оказываются соизмеримыми, то в точке их приёма возникает интерференция сигналов, приводящая к гребенчатой спектральной характеристике сигнала в области энергетических максимумов указанных звуков. Простое экспериментирование с прецизионным графическим эквалайзером или устройством задержки, включённым в канал передачи речи, даст подтверждение той версии, что *линейные искажения* гребенчатого вида в области частот порядка

(3–6) кГц как раз соответствуют неприятным слуховым ощущениям подчёркнутости указанных согласных звуков.

Что касается размещения в тонателье исполнительского ансамбля, то, если не встаёт вопрос о пространственной акустической изоляции артистов или их групп согласно выбранной технологии, решение принимается в зависимости от того, насколько желательны снижения проникновений в тот или иной микрофон звуков «чужих» источников. Так, сказанное совершенно неактуально, когда речь идёт о записи идеально сбалансированного в громкостных и тембральных отношениях оркестра, хора или ансамбля, к тому же во вполне подходящем по своим акустическим свойствам помещении. Здесь необходимо только заботиться об удобствах для музыкантов: хороших слуховых и зрительных контактах, общении их с дирижёром, т. п. Тогда акустический объект будет представлен слитным звучащим телом, микрофонный приём которого станет аналогичным приёму одиночного источника.

Подробного анализа требуют случаи использования большого числа микрофонов, каждый из которых предназначен лишь части ансамбля (оркестра), музицирующего без разделения в пространстве или во времени. Такой частью может быть и один исполнитель, и группа инструменталистов или вокалистов. ***Многомикрофонная система*** звукопередачи преследует цель получения фонографической картины, не являющейся, так сказать, «электроакустическим протоколом» того, что происходит непосредственно в тонателье. Это относится к тембральным, динамическим, стереофонметрическим и прочим её компонентам.

Не следует путать такой метод со случаем, когда дополнительные микрофоны используются совместно с обзорным (см. выше), и звукорежиссёр стремится к достижению электроакустической однородности; при этом доля локальных микрофонных сигналов в передаче невелика, следовательно, вопрос взаимной акустической изоляции отдельных каналов не столь актуален. В том же, что мы именуем собственно многомикрофонной системой, «общие» микрофоны могут вообще не применяться, во всяком случае, рассмотрение их роли в рамках данного анализа несущественно.

Итак, речь идёт о расположении исполнителей и микрофонов, обеспечивающем звукорежиссёру максимальную свободу манипулирования отдельными сигналами без ущерба для других.

Введём понятие *внешней электроакустической связи* (ВЭАС), характеризующей собою степень проникновения в данный электроакустический канал, состоящий из микрофона и микрофонного усилителя с блоками частотной и динамической коррекции, сигналов посторонних, или, как мы их называли, «чужих» источников. Причины, влияющие на ВЭАС, следующие:

1. Совокупная чувствительность рассматриваемого микрофонного канала. Чем она выше, тем сильнее для него ВЭАС.
2. Акустическая мощность посторонних источников. Естественно, чем громче инструмент или группа, чьи сигналы проникают в «чужой» канал, тем больше величина этого проникновения.
3. Ориентации направленностей микрофона и источников, как собственного, так и проникающих. Снижение ВЭАС при прочих равных условиях всегда возможно за счёт строгого согласования осей максимальной чувствительности микрофона и максимального акустического излучения «своего» объекта.
4. Акустическая изолированность данного микрофона, определяемая не только диаграммой его направленности, но также наличием или отсутствием вспомогательных конструкций (например, звукопоглощающих щитов).
5. Наличие вблизи мощных источников звука или микрофонов эффективных отражающих площадок приводит к значительному возрастанию ВЭАС для всех посторонних микрофонных каналов.
6. Поскольку практический интерес представляет слуховое восприятие проникновения посторонних источников за счет ВЭАС, а не её формальная электрическая величина, то необходимо учитывать частотную характеристику слуха и эффекты маскировки, сообразно звуковым спектрам «своих» и проникающих источников. При этом существует досадная двойственность: с одной стороны, низкочастотные сигналы собственного источника эффективно маскируют проникающие высокочастотные (разумеется, при их одновременном звучании), а с другой стороны, — звуки более высоких регистров, как правило, ощущаются более громкими.

Попутно заметим, что контрастирующие спектральные составы звуков источников, объединённых ВЭАС, могут располагать к применению частотных фильтров, ограничивающих полосы

передачи, и это упрощает положение (см. главу «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**»).

7. Восприятие ВЭАС усугубляется тем, что сигналы, проникающие в посторонний микрофонный канал задерживаются во времени по отношению к собственной передаче. Так, если расстояние между основным и посторонним микрофонами приводит к задержке, превышающей интервал Хааса для звуков данного рода, то ситуация приобретает критический характер, ибо психоакустическая маскировка перестаёт способствовать незаметности проникновений. Это особенно актуально в стереофонии, если сигналы связанной пары каналов локализируются в противоположащих зонах фонографической картины.

Иллюстрация 4-14 поясняет сказанное. «Чужой» акустический сигнал, проникающий в микрофонный канал саксофона, слышен по отношению к основному звуку барабана с незначительной задержкой, и поэтому достаточно замаскирован сигналами саксофона. А продукты ВЭАС между каналами барабана и тромбона воспринимаются уже с гораздо большей отчётливостью из-за ощутимой задержки проникающих сигналов.

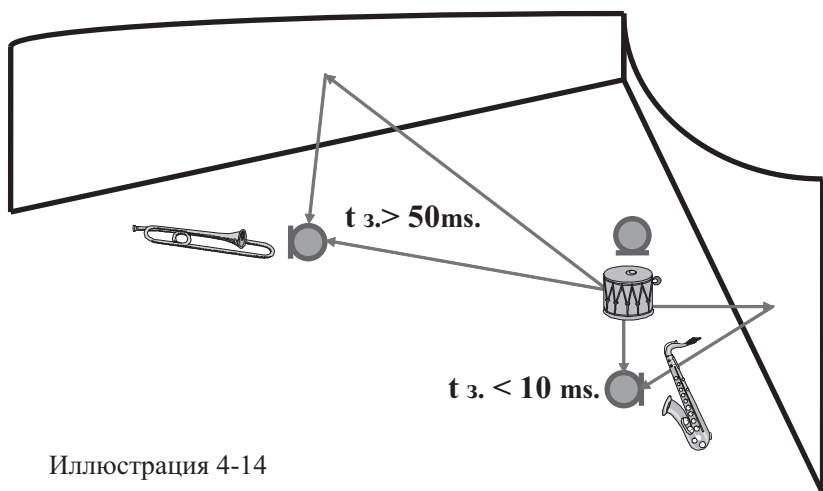


Иллюстрация 4-14

8. Динамическая коррекция (автоматическое компрессирование динамического диапазона микрофонного сигнала) приводит к относительному увеличению уровня проникающих звуков, то есть к увеличению ВЭАС. Это становится особенно заметным

при малом времени релаксации динамических преобразователей, когда слушатель наблюдает непропорционально большие «всплески» диффузных отзвуков соседних источников после резкого снятия собственного звука.

Теперь становится ясно, из чего нужно исходить, решая вопрос о расположении исполнителей в тонателье при многомикрофонном способе записи. Ни на мгновение не забывая о доминанте удобства для артистов, принципиальные правила можно, пожалуй, черпать из следующего списка:

- Нахождение сравнительно громких инструментов (в том числе и вокалистов) или их групп вблизи отражающих поверхностей помещения крайне нежелательно, что особенно относится к громким инструментам низких регистров, с ненаправленным излучением. Это правило хорошо сопрягается с другими аспектами настоящей главы.
- Для снижения ВЭАС желательно использовать направленные микрофоны. Дополнительную помощь оказывают акустические изолирующие перегородки (щиты), которые могут блокировать микрофон от посторонних проникновений, или предохранять тонателье от излишнего акустического возбуждения мощными источниками. Само собой разумеется, что щиты целесообразно устанавливать перпендикулярно вектору максимальной чувствительности направленного микрофона, «за спиной» исполнителя.

Изолятором от посторонних сигналов может служить «живой щит» из массы исполнителей, обладающей хорошим акустическим поглощением, в каковом качестве годится, к примеру, хор, расположенный у одной из стен тонателье, так что микрофоны, ориентированные по его фронту, будут принимать, в основном, прямые сигналы.

- Расположение самого тихого источника в составе коллектива должно быть таким, чтобы вектор **минимальной** чувствительности направленного микрофона, установленного у него, был бы ориентирован в сторону наиболее мощного акустического объекта (разумеется, если это не ухудшает условия музицирования или иного взаимодействия участников).
- Группы однородных инструментов, в том числе и вокалистов, необходимо размещать как можно компактнее во имя сужения зоны их акустической направленности.

- Достаточно очевидным представляется расположение исполнителей по кругу, но он не должен быть слишком большого диаметра из-за появления заметных сигнальных задержек.
- Максимальное внимание следует уделять микрофонным каналам с актуальной ВЭАС, чьи виртуальные изображения будут локализованы в разных краях фонографической картины.

Подготовка к записи включает в себя тщательный анализ рассмотренного вопроса. Результатом этого анализа является несложный рисунок (эпюра), на котором условно изображаются исполнители и микрофоны в их взаиморасположении. Но не стоит надеяться на исключительность такой подготовки. В самом начале микрофонной настройки понадобятся какие-то коррективы, однако, они не будут слишком сложными, если основные закономерности учтены на подготовительном этапе.

В критических случаях можно обращаться к дирижёру или артистам с просьбой об увеличении громкости тихих голосов или о снижении её у мощных. Как правило, особые проблемы при этом не возникают, тем более, что профессионально изложенная просьба будет свидетельством компетентного участия звукорежиссёра во всех рабочих моментах, а выравнивание громкостных балансов облегчит не только звукопередачу, но и создаст очевидный исполнительский комфорт. Нужно только помнить, что большинство духовых инструментов в принципе не может звучать тихо в высокой тесситуре, или, наоборот, громко в предельной нижней части своего диапазона: таковы законы музыкальной акустики.

§ 4-6. Нестандартные способы микрофонного приёма

Одним из самых ранних открытий в стереофонической звукопередаче, появившемся в начале XX века, затем забытом, и вновь возникшем уже в конце 60-х годов, являлся так называемый метод «искусственной головы». Идея состояла в том, что два идентичных микрофона помещались в специальную конструкцию, напоминавшую по форме и размерам человеческую голову, и расположенную, скажем, в концертном зале. Приёмники находились приблизительно там, где природа расположила бы барабанные перепонки. По двум линиям связи сигналы передавались к двум телефонным аппаратам, и слушатель у себя дома мог воспринимать некий

пространственный акустический иллюзион, приложив к ушам две телефонные трубки, соответствующие левому и правому направлениям приёма. Разумеется, только очень состоятельные люди могли не отказывать себе в таком удовольствии. К тому же, на заре электроакустики качество звукопередачи было весьма сомнительным. Поэтому идея не получила широкого распространения, и, как это часто бывало, предалась постепенному забвению.

Много позже, когда появились высококачественные микрофоны очень маленьких размеров и хорошие головные телефоны, с широкой спектральной полосой передачи и низкими искажениями, к мыслям об «искусственной голове» вернулись акустические разработчики разных стран мира. Появились сложнейшие конструкции, иные из которых с невероятным педантизмом воспроизводили внутреннее устройство всех биологических полостей, вплоть до материальной имитации головного мозга ради адекватных акустических свойств.

Надо сказать, что достигаемые результаты порой бывали весьма убедительными, тем более, что звукорежиссёры, со своей стороны, сумели дать существенные рекомендации по оптимальным способам пользования этим методом. Необходимо было, во-первых, подбирать концертные залы, по акустическим свойствам наиболее соответствующие жанрам исполняемых музыкальных или драматических программ, а во-вторых, определять точную микрофонную позицию, чтобы обеспечить полноценную, как в техническом, так и в художественном отношении, звукопередачу с помощью одной такой электроакустической конструкции.

Метод получил название *бифонической звукопередачи*, и был рассчитан на прослушивание с помощью головных телефонов, а не громкоговорителей. Правда, технологическая простота, исключая множество микрофонов, соблазняла звукорежиссёров применить его и для обычной стереофонической передачи, однако фонографии при этом получались достаточно условными. Наблюдались пространственные дисторсии (нарушения виртуальных размерных пропорций) и отсутствие слитности в фонографическом изображении.

Для адаптации бифонических фонограмм были применены попытки фазовой коррекции сигналов, разрабатывались специальные процессоры-конверторы, позволявшие не только использовать «искусственную голову» в стереофонии, но и создавать бифонические звуковые программы из электроакустических компонент

многомикрофонных технологий, когда условия записи не позволяли обойтись описанной микрофонной парой, или требовали метода последовательных наложений, то есть записи на многодорожечный носитель с последующей перезаписью (сведением).

Будем надеяться, что работы в этом направлении ещё не закончены, и звукорежиссёров ожидают интересные эстетические открытия.

Технологически удобными представляются появившиеся в последнее время микрофонные блоки, подобные «искусственной голове» в том смысле, что также содержат два монофонических приёмника, расположенных на расстоянии, равном ушной базе. Микрофоны находятся в полуоткрытом боксе сравнительно небольших размеров, разделённом на два отсека для акустической сепарации сигналов левого и правого направлений. Но, поскольку практически все свойства микрофонов, приведенные в этой главе, справедливы для так называемого *свободного акустического поля*, прогнозировать фонографический результат приёма описанной конструкцией сложно, и её использование сопряжено с эмпирическими действиями.

Давние исследования фундаментальной акустики показали, что около хорошо отражающей поверхности, размеры которой превышают длину падающей на неё звуковой волны, благодаря интерференции возникает удвоение амплитуды звукового давления*. Это явление позволяет вдвое увеличить отдачу микрофона-приёмника давления, если расположить его в непосредственной близости от такого экрана**. Но интерференционный способ приёма эффективен лишь в том случае, когда музыкально сбалансированный звук отражается **акустически зеркальной сплошной стеной**, большие размеры которой обеспечивают спектральную равномерность интерференции в широком частотном диапазоне***. Использовать же отражающие площадки небольших размеров целесообразно лишь тогда, когда линейные искажения спектра окажутся благоприятными с эстетической точки зрения, что и здесь всякий раз потребует

* В непосредственной близости от акустически зеркального экрана падающая и отражённая волны — синфазны.

** Метод, известный под названием PZM-приёма.

*** Ясно, что расположение микрофона, особенно ненаправленного, недалеко от пола или стены тонателе, в принципе, заметно увеличит передачу низкочастотных (длинноволновых) компонент звукового спектра.

эксперимента. К тому же названный акустический экран должен быть максимально жёстким, иначе вызванная падающей волной вибрация превратит его во вторичный источник звука, отчего результат звукопередачи станет ещё более непредсказуемым.

Экзотический способ микрофонного приёма демонстрировался в одном из радиодомов Германии. Симфонический оркестр располагался под огромной раковиной, постепенно сужавшейся до трубы небольшого диаметра. Конструкция напоминала гигантскую улитку; в её вершине был установлен монофонический микрофон, и одного его вполне хватало для общеплановой звукопередачи. Те, кто слышал эту запись, рассказывали о хорошей регистрово-тембральной дифференцированности звучания. Это свидетельствует о каких-то мерах, принятых для устранения внутренних резонансов акустического «передатчика».

Характерно, что в таком способе вновь усматривается аналогия с работой определённых оптических приборов, так называемых *светопроводов*, действие которых основано на явлении полного внутреннего отражения светового (в нашем случае — акустического) потока.

Заключение

Читатель, вероятно, обратил внимание на то, что автор, через руки которого, предположительно, прошёл не один десяток высококачественных профессиональных микрофонов различных фирм, не привёл в этой главе ни одного конкретного примера с рекомендацией по использованию. Ответ на это замечание следующий: *профессиональный высококачественный микрофон* универсального применения может считаться таковым, если его электроакустические свойства отвечают описанным классическим закономерностям, вносимые искажения и шумы — ничтожны, и, самое главное, если при работе с ним не наблюдается специфическая окраска звука, независимо от свойств тонателёе. В противном случае это — микрофон специализированный, использование которого имеет какие-либо области предпочтений. Так, существуют микрофоны, подходящие для работы с большими барабанами ударных установок, с вокалистами или солирующими медными духовыми инструментами.

Нет сомнений, что любые рекомендации могут быть вполне обоснованными. Но бездумное повальное использование специализированных микрофонов являет путь к стандарту, где уже нет звукорежиссёрского актива, и постепенно исчезает способность ориентироваться в неординарной обстановке.

Все практические моменты, о которых читатель узнал из данной главы, ни в коем случае не должны восприниматься им как категорический инструктаж. Ведь даже незначительные метаморфозы, казалось бы, издревле существующих музыкальных жанров требуют обязательного пересмотра звукорежиссёрских позиций, как в эстетическом смысле, так и в плане выбора технических средств их фонографической реализации. А постоянно развивающиеся акустические и электроакустические науки, разве могут они простить мастеру плен привычек, традиционной косности?

Индивидуальный звукорежиссёрский опыт несёт с собой огромное количество ежедневных открытий, связанных, в частности, с микрофонным приёмом. И, несмотря на то, что анализ любой «находки» всегда приведёт к хорошо известным принципиальным истокам, тонкие нюансы всегда будут свидетельством новизны.

Однако, не следует отдаваться воле случая, полагая, будто спонтанность в работе непременно даст оригинальный результат.

Древние восточные философы считали, что в творчестве, да и вообще в любой деятельности должна непременно присутствовать медитативная субстанция. Это, безусловно, так, но назовите хоть одного из великих, чьим откровениям не предшествовал бы практический опыт, объединённый в *систему* познаний?

Так и наши каждодневные практические приобретения необходимо расценивать лишь как дополнительный учебный курс, вклад в общую теорию мастерства.

Анализируя черновой фономатериал или партитуру, звукорежиссёр движется к стадии микрофонного приёма с трёх сторон — от умозрительно предполагаемого результата, от выбора технологии записи и от оптимального расположения исполнителей и микрофонов в тонателе. На этих путях к совокупной цели и проявляется разносторонняя компетентность мастера.

Творческому огню всегда сопутствует жажда эксперимента. Но здесь следует избегать очевидных нелепостей, например, пытаться с помощью одного микрофона дать одноплановое фонографическое изложение группы музыкальных инструментов,

совершенно разнородных по своим акустическим и динамическим свойствам, и при этом расположенных в сильно диффундирующем тонателе. Или, в угоду экстравагантности, изолировать (в пространстве или времени) первые скрипки струнного ансамбля от вторых, создавая невероятные сложности для музицирования, оправдать которые вряд ли сможет даже самый гениальный фонографический замысел.

Этюры расположения артистов и микрофонов в студии, выбор электроакустических приёмников — не только необходимые, но и увлекательные творческие этапы в звукорежиссёрской работе. Заниматься этим следует всякий раз, готовясь к очередной записи, и вы с большой радостью ощутите, что делаете это как бы впервые в жизни, пусть даже очередной записи предшествует многолетний опыт работы. Нельзя полагаться на какие-то удачи и игнорировать детали новшеств, отличающие сегодняшнюю запись, сегодняшний материал от того, что бывало в аналогичных случаях. Тем более, невозможно слепо доверяться рекомендациям, базирующимся на частном опыте, в конкретных акустических условиях, с конкретными исполнителями, конкретными микрофонами. Ущербность подобных рекомендаций усугубляется ещё и тем, что их авторы не всегда освещают режиссёрскую задачу, а между тем именно *она* диктует художественные методы и технические средства её реализации.

Глава 5.

ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ

Тесные связи между зрительным и слуховым восприятиями позволяют говорить о *фонографической плоскости* и *фонографическом пространстве*, понятиях, с которыми приходится иметь дело при создании звуковых картин. И, несмотря на то, что некоторые физические категории, законы и средства отличают, естественным образом, художественную фонографию от изобразительных искусств, можно и нужно пользоваться в нашем деле звукозрительными подобиями.

Возможность полноценного суждения о фонографическом пространстве появилась только с широким развитием стереофонии и других электроакустических систем пространственной передачи, апеллирующих к бинауральным эффектам слухового восприятия. До этого времени, применительно к искусству звукоизложения в монофонической электроакустике, речь шла только о глубине расположения фонических образов и связанной с этим условной звуковой перспективе. Но нужно заметить, что опыт, полученный нашими коллегами, работавшими в «достереофоническую» эпоху, лег в основу большинства положений и законов, применяемых в фонографии сегодня. Более того, работы этих звукорежиссёров заслуживают огромной благодарности еще и за то, что на плодах их творчества воспитывалась новая культура слушательского восприятия, культура общения со звуковыми композициями, опосредованными электроакустическими трактами передачи, и одухотворенными пионерами художественной фонографии.

§ 5-1. Фонографическая плоскость

В стереофонии слушатель воспринимает картину, являющую собою совокупность так называемых *виртуальных* (кажущихся) источников звука. Способность человеческого слуха определять направление на этот источник, то есть *локализовать* его в пределах,

ограниченных двумя громкоговорителями, уже обеспечивает возможность звуковой имитации изображения акустического объекта на плоскости (или вогнутой поверхности большого радиуса — ассоциации индивидуальны), соединяющей излучатели.

На иллюстрации 5-1 аудиомониторные устройства (громкоговорители), обозначенные буквами M1 (L-от англ. LEFT) и M2 (R-от англ. RIGHT), являются *реальными* источниками звука, а виртуальные источники обнаруживаются человеческим слухом в направлениях от слушателя к точкам V1–V5. Будем называть все указанные источники применительно к фонографической картине — звуковыми *квазиобъектами*, в отличие от реальных звуковых объектов в естественных звуковых полях.

Угловые азимуты локализации β_1 — β_6 зависят от соотношения интенсивностей излучения громкоговорителей (для амплитудной стереофонии) или от временного сдвига (задержки) между сигналами левого и правого каналов звукопередачи.

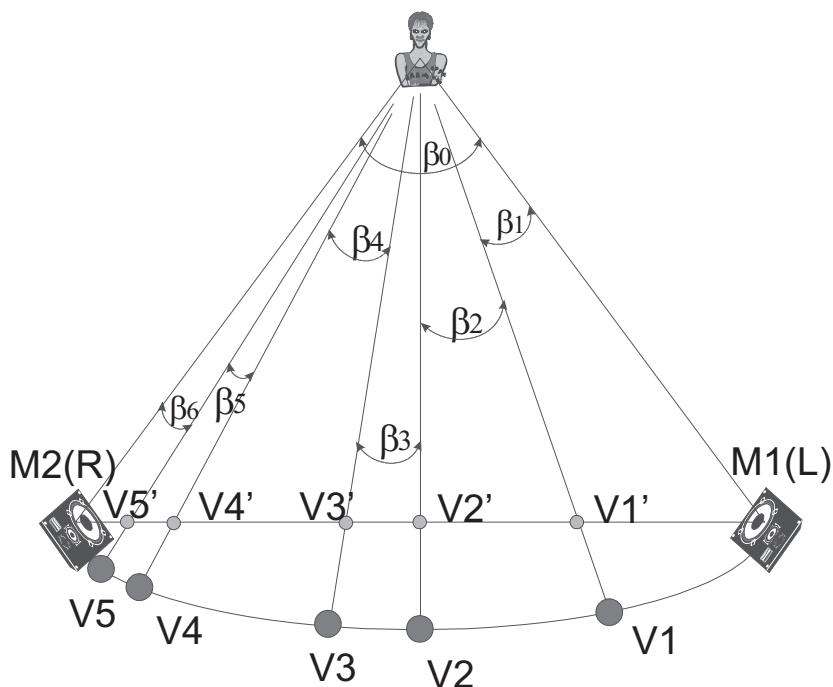


Иллюстрация 5 - 1

Сказанное справедливо лишь в том случае, когда оба громкоговорителя излучают не просто изоморфные, но и когерентные звуковые волны, то есть когда они работают от сигналов, отличающихся друг от друга лишь по величине или времени прихода (либо по обоим параметрам одновременно).

Забегая вперед, заметим, что при некоторых специфических приемах обработки компонент звуковой программы применяется фазовый или временной сдвиг между сигналами правого и левого каналов, что, в виде побочного эффекта, приводит к смещению кажущегося источника звука в сторону громкоговорителя, работающего с опережением. Если это явление оказывается нежелательным, его устраняют (или уменьшают) путем амплитудной компенсации. В случае же «чистой» амплитудной стереофонии фазы сигналов L- и R- каналов должны совпадать полностью. Невыполнение этого требования, что характерно для бытовых электроакустических систем с плохим попарным согласованием амплитудно-фазовых частотных характеристик (АФЧХ), приводит к азимутальным нарушениям восприятия, вплоть до полной неопределенности в локализации виртуальных источников звука, если эта несогласованность еще и нелинейно зависит от уровня сигналов.

Интересно знать, сколь емким является поле квазиобъектов, иными словами, какое количество кажущихся источников звука может с той или иной степенью определенности различить человеческий слух?

Опыт показывает, что наилучшими условиями стереофонического восприятия оказываются те, когда слушатель располагается на оси, перпендикулярной линии, соединяющей громкоговорители, и три точки, а именно: слушатель, M1 и M2 являются вершинами равностороннего треугольника. При этом так называемый оптимальный угол стереобазы β_0 составляет 60° . Расстояние M1–M2 между аудиомониторами, именуемое собственно *стереобазой*, при соблюдении этих условий принципиального значения не имеет.

Попутно заметим, что уменьшение угла β_0 приводит к сужению зоны стереовосприятия, вплоть до «монофонизации», а его увеличение — к появлению так называемого «провала в середине», то есть к явлению, когда виртуальные источники звука левой половины стереобазы сверхпропорционально смещаются к левому монитору, а в правой половине — к правому. (Имеется в виду гипертрофированное перемещение квазиобъектов, неадекватное

вращению панорамных регуляторов звукорежиссерского пульта, или смещению слушателя вправо или влево от осевой линии). Центральный же виртуальный источник (V2) при этом локализуется достаточно неопределенно (как выражаются слушатели: «вроде бы, в середине»), и требование к расположению аудиента на оси симметрии становится абсолютно категорическим.

Исследования в области бинаурального (букв. «двуухого») слуха показывают, что точность локализации при неподвижном источнике звука составляет величину порядка 12° – 15° (среднестатистические данные). Это означает, что человеческий слух способен к азимутальной оценке не точнее указанного минимального значения. В случае же перемещений источника чувствительность к определению направления прихода акустического сигнала значительно возрастает: уши отмечают азимутальные отклонения с точностью уже почти до 3° . Аналогичные результаты наблюдаются и при оценке азимутальной разницы двух источников или квазиисточников звука, расположенных достаточно близко друг к другу (в угловом измерении).

Исходя из этих обстоятельств, а также из практического опыта, можно заключить, что максимальное число виртуальных источников звука, которыми целесообразно заполнять стереобазу, составляет 19 (плюс 2 реальных источника — громкоговорители); итого — 21 точка локализации звуковых квазиобъектов (см. иллюстрацию 5-2).

У читателя может возникнуть протест: а как же утверждения иных авторов, полагающих, что в стереофонии существует, практически, пять направлений, по которым слушатель уверенно локализует квазиисточники? (имеются в виду два реальных источника в точках M1 и M2, то есть громкоговорители, а также центральный и так называемые «полулевый» и «полуправый» виртуальные источники, обозначенные на иллюстрации 5-2 кружочками V5, V10 и V15). Характерно, что число 5 при оптимальном угле базы $\beta=60^{\circ}$, приблизительно соответствует точности локализации человеческого слуха для неподвижных источников звука (угол β , равный 15°).

Да! Действительно есть всего лишь 5 направлений, по которым на звуковой квазиобъект можно уверенно указать пальцем: вот где он! Иначе говоря, эти направления вызывают устойчивые **зрительные** ощущения. Но мы ведь в нашем творчестве добиваемся не формального членения звуковой картины на какие-то фоно-

скопические сектора. Задача при использовании стереобазы вдоль ее протяженности, то есть задача **заполнения фонографической плоскости** состоит, в подавляющем большинстве случаев, в создании слитной картины, содержащей большое количество деталей — квазиобъектов. И тогда у слушателя возникают уже не рациональные стереометрические оценки, а тонкие, почти безотчетные ощущения единого множества, какого-то акустического массива. По формальным психоакустическим данным эти ощущения находятся на грани возможных (см. min. азимутальный угол).

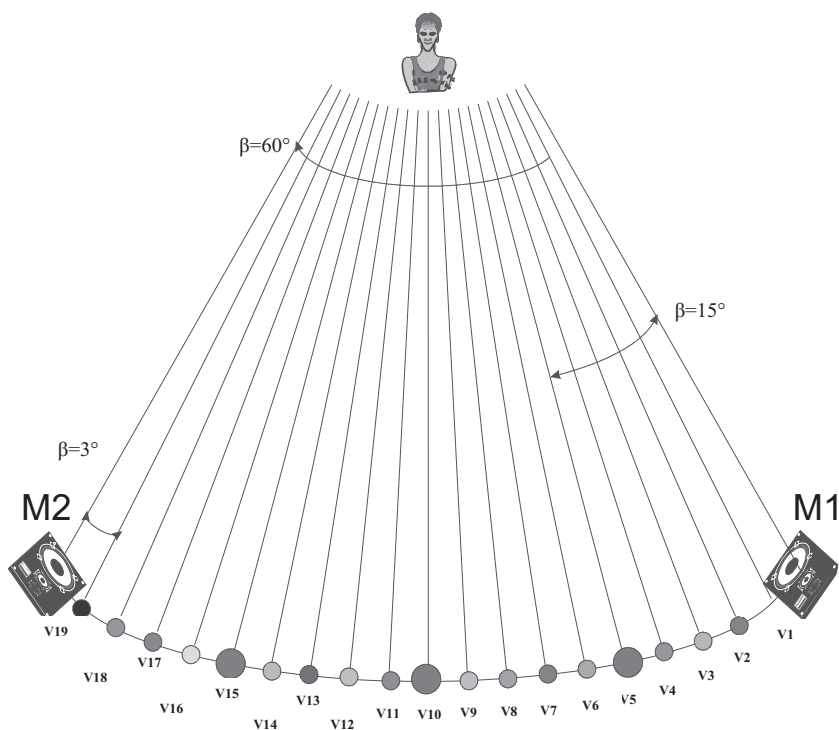


Иллюстрация 5-2

Убедительным доказательством сказанному является стереофоническая запись хора без так называемого акустического оформления, сделанная, к примеру, с помощью одного стереомикрофона при его оптимальном расположении по отношению к исполнителям. (Отсутствие в звукоизложении акустической обстановки

(см. ниже), в технологическом процессе фонографии иногда бывает связано с некоторыми проблемами звукомонтажа, после выполнения которого этот фонокомпозиционный пласт вносится тем или иным способом). Все, кому удавалось слушать материал подобного рода, ощущали почти на зрительном уровне, то есть, практически, *видели* большое количество хористов, «расположенных» вдоль стереобазы, хотя, разумеется, никто не был способен пересчитать их, как говорится, по пальцам.

Виртуальные источники звука, как психофизическая категория, анализируются применительно к когерентному электроакустическому сигналу, амплитудные или временные манипуляции с которым приводят к образованию звуковых квазиобъектов. Возникающие при этом слуховые локализационные эффекты натолкнули на мысль об относительном упрощении как оборудования, так и способов звукорежиссерской реализации передачи или записи. Имеется в виду использование одного электрического сигнала микрофона или электромузыкального инструмента, распределяемого между двумя каналами стереофонического воспроизведения с помощью так называемых регуляторов направления или, по иной терминологии, панорамных регуляторов. Принципиально это осуществляется по одной из схем на иллюстрации 5-3.

В регулировке по схеме **А)** перемещение ползунков двояного потенциометра вверх соответствует движению кажущегося источника звука вправо, и наоборот (вниз — влево).

В регулировке по схеме **Б)** при появлении разницы во времени задержки для сигналов левого и правого каналов виртуальный источник звука будет смещаться в сторону громкоговорителя, работающего с опережением.

Несмотря на то, что временная стереофония обеспечивала более естественную с точки зрения слушательского восприятия азимутальную картину, технические проблемы, касающиеся былой схемотехники устройств задержки привели к отказу от данного способа регулирования, и в настоящее время стереопанорамирование осуществляется почти исключительно по амплитудному методу*.

Но в обоих случаях получаемые звуковые квазиобъекты мало соответствуют истинной картине бинаурального восприятия

* Надо сказать, что компьютерные аудиоредакторы позволяют реализовать панорамные регуляторы, использующие как любой способ, так и их комбинацию.

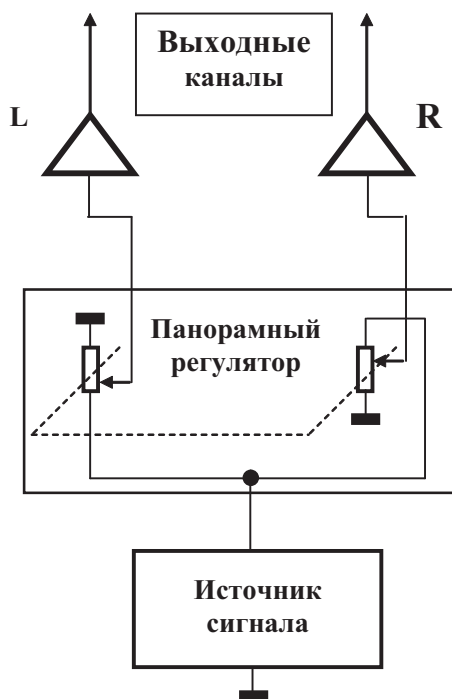


Схема А. Амплитудное стереопанорамирование.



Схема Б. Временное стереопанорамирование.

в акустических полях реальных источников. Дело в том, что в естественных условиях два уха принимают от одного источника сигналы изоморфные (однородные), но, строго говоря, не когерентные. Это связано не только с диффузными акустическими процессами, но и со сложным спектральным составом реальных звуков. Поэтому использование моносигнала для упомянутых регулировок дает то, что принято называть *псевдостереофонией*, ибо при любом методе получения виртуального источника звука акустические сигналы, приходящие от громкоговорителей к правому и левому ушам, качественно одинаковы. Кроме того, создаваемые здесь квазиобъекты воспринимаются, как некие точечные источники звука, что неадекватно естественной акустике. Этот дефект выражен тем сильнее, чем выше качество систем звуковоспроизведения, а именно: чем точнее согласованность левого и правого каналов передачи в амплитудно-фазовом отношении по всему спектру. А если в плохих бытовых системах и присутствует некоторая «размытость» виртуальной звуковой точки, то это явление из-за обилия типов и экземпляров аппаратуры носит настолько непрогнозируемый характер, что ни о каком соответствии между звукорежиссерским фонографическим изображением и слушательским восприятием говорить нельзя.

В натуральных акустических условиях человеческий слух воспринимает и оценивает не только направление прихода звуковой волны, но и протяженность звучащего тела, то есть размеры источника. Даже в отсутствии зрения, естественным образом корректирующего этот признак реального звукового объекта, мы способны дать *относительную оценку* объемных размеров, например, различных музыкальных инструментов, источников шума, причем даже тогда, когда слышим что-либо впервые, и психоакустическая память неспособна оказать нам помощь в этом деле. Разумеется, не существует какой-либо биофизической шкалы, по которой можно было бы судить о количественной стороне данных ощущений. Измерения подобного рода, если о них и заходит речь, имеют, скорее, ассоциативный смысл. Но, поскольку в искусстве всё условно и относительно, — и время, и пространство, то вполне достаточно относительных впечатлений от размеров акустических объектов, соответственно, и квазиобъектов в виртуальной звуковой картине, чтобы можно было говорить о масштабных композициях как в фонографической плоскости, так и в фонографическом пространстве.

На иллюстрации 5-4 приведена звукозрительная модель плоской фонографической композиции, содержащая три квазиобъекта, равноудаленные от слушателя (по впечатлению, получаемому от виртуальных источников). Предположим, что излагается звучание рояля, скрипки и виолончели. Для упрощения на рисунке показаны всего 10 секторов возможных направлений локализации (угловых зон) с шагом в 6° .

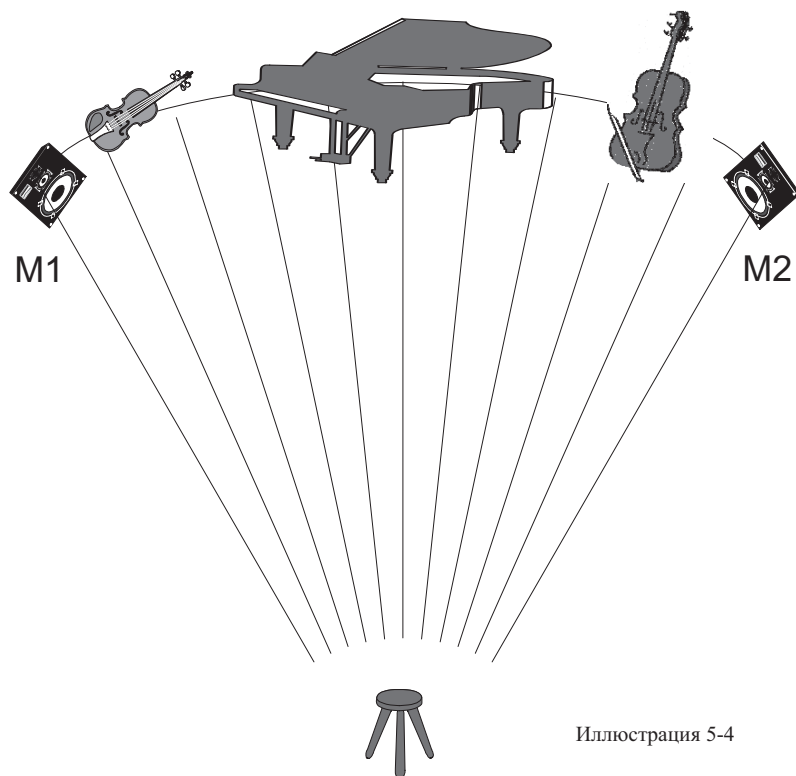


Иллюстрация 5-4

Границы между зонами протяженности рояля (24° , то есть около трети стереобазы), скрипки и виолончели (приблизительно по 6°) не являются, так сказать, буквальными звуковыми меридианами. Они неопределенны, размыты даже в самых высококачественных системах звукопередачи. Это обстоятельство не должно никого смущать, ибо и в естественных акустических условиях наблюдается та же картина. Так что неочевидность границ между фонографическими квазиобъектами должна быть просто отнесена к разряду

условностей звуковой картины, и вряд ли в задачи последней входит точное воспроизведение акустических азимутов. Вполне достаточно того, что человеческий слух воспринимает различия в них, пусть даже и безотчетно, подобно тому, как мы ощущаем массу цветовых оттенков, не утруждая себя их подробным формальным детерминированием.

На приведенной иллюстрации видно, что угловые пропорции в звуковом изображении музыкальных инструментов приблизительно адекватны реальным геометрическим соотношениям. (Если кто-то и заметит масштабные неточности, пусть представит себе, что в этом трио фортепианная партия исполняется не на большом концертном, а на кабинетном рояле, хотя для описания принципиальных аспектов вопроса это примечание существенного значения не имеет).

Как уже говорилось, угловое смещение двух направлений, если оно не меньше 3° , то есть разрешающей способности человеческого слуха по локализации, обеспечивает азимутальное акустическое разделение. Это один из очень важных моментов фонокомпозиционного построения. Соблюдение масштабных акустических взаимоотношений придает звуковой картине дополнительную естественность, ясность восприятия, входя значительной составной частью в качество, именуемое *прозрачностью звучания*. Разумеется, фонографическое расположение квазиобъектов — не догма; каждая композиция, как и в изобразительных искусствах, рождается из замысла и отвечает вкусу художника. Но об одном необходимо помнить категорически: звуковая графика *никогда не должна носить случайный характер*. Звукорежиссер обязан употребить все свое внимание и пространственное воображение, не жалеть времени на техническую реализацию, чтобы стереофонический рисунок не выглядел нелепым набором акустических пятен. Сказанное вовсе не означает, что масштабные и азимутальные взаимоотношения звуковых квазиобъектов должны отвечать естественным пропорциям, даже если речь идет о хорошо знакомых музыкальных инструментах. Одно из проявлений звукорежиссуры как раз и состоит в том, что автор фонографии может сознательно нарушить привычную акустическую стереометрию, пропорции, по-своему распределяя акценты, и тем самым управляя слушательским вниманием.

Однако, контекст должен *обусловить* не просто возможность, но и необходимость указанных аномалий, тогда результат будет убедительным.

Возникает вопрос: а что, если нарушение масштабных пропорций, даже при драматургически обоснованной необходимости, вызовет у слушателя недоумение, дискомфорт?

На этот вопрос есть, по меньшей мере, два ответа. Первый — простой: что ж, и недоумение, и дискомфорт тоже являются определенными режиссерскими приемами эмоционального воздействия.

Второй же ответ, преследующий цель сохранения естественности в слушательских ощущениях при восприятии указанных деформаций, открывает новый параграф настоящей главы, где речь пойдет уже не о фонографической плоскости, а о *фонографическом пространстве*.

§ 5-2. Фонографическое пространство

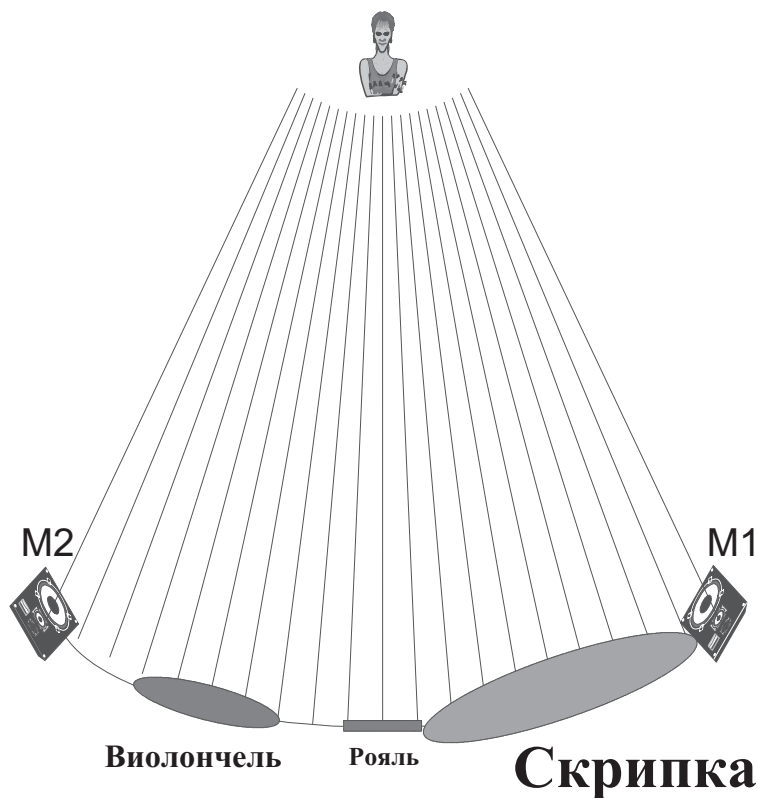


Иллюстрация 5-5

На иллюстрации 5-5 в плоском фонографическом изображении представлено то же самое трио. Звукорежиссер, как бы руководствуясь сугубо музыкальными соображениями, отвел для скрипки 24° зону протяженности, для виолончели — 12° , а рояль «поместил» в стереофоническом сегментике, занимающем всего 6° (границы квазиисточников резко очерчены и точность приведенных угловых размеров — наивна, но это сделано лишь для наглядности и простоты рассуждений). Не исключено, что партитура записываемого музыкального произведения, хотя бы в одной из его частей, может предположить такие пропорции с точки зрения линейной важности. Но при плоском «рисунке», создающем впечатление равной удаленности от слушателя рояля и скрипок, размерный дисбаланс совершенно очевиден. И если не ставилась задача добиться в фонографии эмоционального специфического эффекта, то мы видим [слышим (!)] в данном примере явный ляпсус.

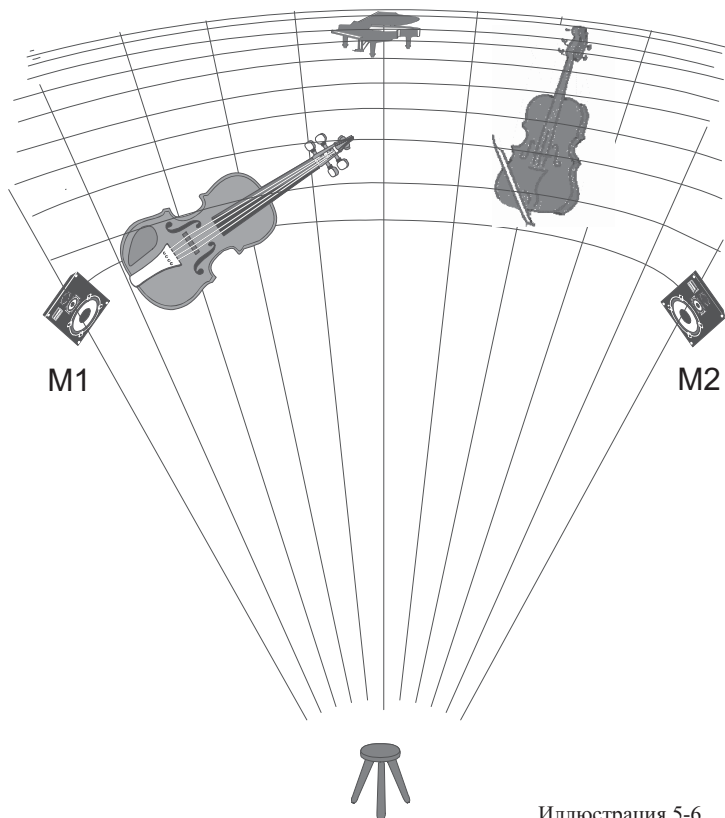


Иллюстрация 5-6

Представим себе теперь, что мы «рассматриваем» звуковую картину, в которой квазиобъекты не просто располагаются по фронту стереобазы, а находятся (по ощущению) на разных расстояниях от слушателя, подобно тому, как это существует в естественных акустических условиях, в особенности, когда один из источников находится слишком близко, а иной — удален (иллюстрация 5-6). Достаточно воображения, и нельзя будет не отметить, что зрительные впечатления складываются в некий рисунок из фрагментов, находящихся в логически определённых масштабноразмерных соотношениях.

Точно такие же впечатления о геометрических пропорциях возникают у слушателя, даже когда он воспринимает звук с закрытыми глазами. Слуховые ощущения сублимируются в зрительные настолько отчетливо, что в совокупности с психологическими привычками, памятью, ассоциациями и фантазией мы вполне представляем себе эти соотношения.

Не требует доказательства тот факт, что предмет, находящийся вблизи, всегда кажется больших размеров, чем соизмеримый с ним физически, но удаленный. Именно это обстоятельство и обосновывает выбор *относительных* протяжённостей квазиизображений скрипок и рояля на иллюстрации 5-6, где приведена простейшая *пространственная фонографическая композиция*. Позже будет рассказано о том, какими электроакустическими способами имитируется удаленность, что такое изобразительный план и т.д. Но сейчас необходимо только твердо усвоить, что несоблюдение условий масштабных соотношений может иной раз свести на нет все усилия по формированию убедительной звуковой картины.

Обратим внимание на то, что угловые изображения зон виртуальных звуковых объектов на иллюстрациях 5-5 и 5-6 для одноимённых инструментов — одинаковы. Однако, во втором случае «размер» скрипки, вчетверо превышающий «габариты» рояля, не вызывает недоумения.

Ведь не удивляет же никого крошечный кораблик на морском горизонте. А сколько восторгов может вызвать это зрелище!

Теперь можно заключить: фонографическое изложение приобретает логическую ясность в том смысле, что удовлетворены и музыкальные требования, и звукозрительные закономерности.

Остается добавить, что в случае большого количества звуковых квазиобъектов (например, при оркестровых записях) следует

тщательно анализировать вопросы, связанные с угловыми стереофоническими пропорциями и решать, какие из квазиобъектов будут иметь конечную протяженность, а какие, в соотношении с прочими, могут быть даже точечными, если их звукозрительные размеры не больше азимутальной разрешающей способности слуха (см. выше). Это впоследствии определит выбор, как способов записи, так и типов микрофонов.

Не следует, впрочем, беспокоиться по поводу скрупулезных угловых и масштабных измерений, хотя в процессе теоретической подготовки будущему звукорежиссеру, наверное, не помешают упражнения в рисунках, подобных приведенным. А точность в количественной стороне задачи может быть и не слишком высока: практика показывает, что вполне удовлетворительны и простые реализации, если при них достигаются нужные слушательские впечатления.

Разумеется, не все звукорежиссеры утруждают себя тщательной подготовкой к записям. У опытных мастеров изобразительные планы рождаются в воображении и реализуются непосредственно в студии, на начальных этапах электроакустической настройки. Но такое умение приходит не сразу. А потому, в начале творческого пути необходимо как можно больше тренироваться в решении практических задач по стереофонической «лепке», чтобы звукоизложение приобрело еще и качества, подобные пластическим. И вряд ли стоит прислушиваться ко мнению иных коллег, полагающих, что все это вообще несущественно, что вполне достаточно адекватной передачи тембральных и динамических компонент звуковой программы. Но, во-первых, только что было показано, что без осмысленного изложения звукоакустических форм вряд ли будет обеспечено, по меньшей мере, «комфортное» восприятие, во-вторых, ясно, что не стоит лишать себя возможности брать на вооружение такое могучее фонографическое средство, как изображение звуком, звукозрелище.

А в-третьих, как мы поймем в дальнейшем, неразбериха во взаиморасположении звуковых квазиобъектов является ощутимым препятствием при установке оптимальных громкостных и тембральных соотношений.

Одной из объективных предпосылок для построения пространственных или хотя бы фронтальных фонографических композиций является также то обстоятельство, что в реальных акустических полях разные по своей природе и спектру (см. главу «**ФОНОКОЛО-**

РИСТИКА») звучания *никогда* не создаются одновременно одним и тем же источником. А в электроакустическом тракте универсальным источником звука становится (стереофоническая) пара громкоговорителей. Поэтому активизация психоакустического зрения слушателя за счёт множества звуковых азимутов в поле виртуальных квазиобъектов хотя бы отчасти компенсирует указанное единообразие, делая звуковую картину более прозрачной.

И приходится только сожалеть о том, что игнорирование или просто незнание звуковой стереометрии ставит иной раз в тупик звукорежиссеров, даже познавших какие-то удачи.

Может быть, камнем преткновения является некий снобизм, к которому приводят мысли о достаточности творческого озарения, снобизм, свойственный иным коллегам с выраженным ортодоксальным сознанием какого-либо одного превосходства, неважно, музыкального или технического.

Тогда неплохо было бы вспомнить о том, как великий Леонардо да Винчи брал в руки угломер и линейку, выясняя точности пропорций в своих работах, или использовал мерные колбочки для красок, перед их смешиванием.

И его не смущал скептицизм учеников или собратьев по кисти и резцу.

§ 5-3. Акустическая обстановка

Единство действия, единство времени, единство места — вот «три кита», на которых зиждятся формы искусств любого вида и жанра.

В большинстве звукорежиссерских работ, особенно музыкальных, действие и время в их монолитностях заданы самим произведением; их реализация обеспечивается исполнительским коллективом. Звукорежиссер, разумеется, занимается вместе с композитором и дирижером некоторым редактированием музыкального материала. Такая работа возникает, например, при записи современной музыки, если партитура позволяет (или даже предполагает) режиссерское переосмысление, отличающее студийное исполнение произведения от концертного.

При записи музыки для кино или спектакля психологическое состояние музыкантов (действие) и темпоритмические координации

(время) определены сценарием, изображением, пьесой, театральной постановкой и пр.

Но есть в названном триединстве признак, обеспечение которого в фонографии является прерогативой звукорежиссера. Это — звуковое единство места, даже если оно подчинено кино — или театральной мизансцене.

В изобразительных искусствах каждой работе присуще качество, оцениваемое зрителем, как единая светотональная атмосфера. Нечто подобное наблюдает и человеческий слух в концертном зале, домашней комнате или даже на открытом пространстве, когда кажется, что воздух напоен звуками. Это явление существует благодаря акустической диффузии, рассеянию и «перемешиванию» звуковых волн, идущих с разных направлений, так что исчезает ощущение локальности, и возникает впечатление единого акустического эфира. Иные слушатели говорят о некой воздушной вуали, сквозь которую они «видят» ушами звучащие предметы.

Мы будем именовать это качество ***акустическим единством, акустической атмосферой, акустической обстановкой.***

Эстетической целью изложения акустической атмосферы в художественной фонографии, как и по смысловой аналогии в живописи, является придание звуковому изображению определенного колорита сообразно звукорежиссерской концепции, стилевым и историческим традициям музицирования, специфике звучания тех или иных помещений.

Формальной же задачей создания в записи акустической обстановки является не только реализация единства места. Всё, что мы говорили о фонографическом пространстве, сможет оставаться лишь на бумаге, пока слушатель не ощутит звуковой связи, некоего «акустического клея», соединяющего разные элементы фонокомпозиции в единое целое.

Последние слова, естественно, предопределяют еще и необходимость тесной взаимосвязи качественных признаков диффузных и прямых компонент фонографической картины; выражаясь математически, их корреляции. В противном случае акустическая атмосфера превратится в звуковую автономию, существование которой не исключается разве только тогда, когда это продиктовано особенностями драматургии.

Сказанное необходимо учитывать при изложении акустической обстановки, понимая под указанной корреляцией подо-

бие текущего спектра диффузного звука суперпозиции спектров прямых сигналов, а также временное положение диффузного, реверберационного «заполнения» звуковой картины в тех пределах слушательских ощущений, пока они воспринимаются слитно. В противном случае можно получить то, что эксперты-акустики и звукорежиссеры называют дисторсией звуковой перспективы или пространственными искажениями.

Если рассматривать акустическую атмосферу как компоненту фонографического пространства, то необходимо определить, какую часть стереобазы она будет занимать. Вопрос не праздный, ибо только в том случае, когда она — суть акустическая обстановка, ей отводится вся воспринимаемая слухом ширина. Вряд ли сказанное требует особых доказательств. Достаточно вспомнить, что слышимое пространство всегда больше видимого, так что в фонографии нас могут в этом смысле сдерживать лишь технические пределы.

Но встречаются случаи, когда для изложения акустической обстановки используется не вся стереобаза, а какая-то ее часть, выбранная, может быть, даже несимметрично по отношению к стереофонической оси. Это происходит, когда в чередующихся сценах действия строятся, например, то в небольшой комнатке, то в огромном зале.

Известны примеры, где разница в акустических атмосферах адекватна различию не только в обстановке, но и в хронологии. Таким способом иногда передаются ретроспекции; их индивидуальный общеакустический образ по ассоциациям может восприниматься слушателем как примета давно ушедшего времени (пример — в главе **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ СТИЛИСТИКА»**).

Необходимо заметить, что акустическая обстановка, формируемая с помощью реверберационных сигналов (см. ниже), благодаря психологическим особенностям восприятия, в частности, зрительно-слуховым связям памяти, создает ощущение относительно конкретных размеров звучащего пространства. Это очень помогает корректировать виртуальные протяженности квазиобъектов, соизмеряя их, так сказать, в ассоциативном масштабе, с размерами изображаемых акустических объемов.

Игнорировать это обстоятельство, если речь идет об изложении звучаний по аналогии с естественной обстановкой, нельзя. Это особенно критично в записях «живых» концертов или иных видов звукового протокола, когда звукозрительные впечатления должны соответствовать привычным ожиданиям.

§ 5-4. Плановое звукоизображение

Подобно тому, как это делается в теории изобразительных искусств, применительно к фонографии тоже можно говорить о разноплановой организованности звуковых образов, или квазиобъектов.

Такая организация, как одна из составных частей звукорежиссуры, входит в основу композиционного фонографического построения. Именно разноплановость придает звуковой картине глубину и масштабность, помогает акцентировать наиболее важные элементы звукового произведения. Это же позволяет использовать методы контрапунктной композиции, при которой разные звуковые линии, не мешая друг другу, хорошо излагаются в звукопередаче.

Мы уже знаем, что масштабная величина звукового плана по сравнению с изобразительным гораздо менее абсолютна. В кино, к примеру, можно точно идентифицировать так называемый «средний поясной план», когда актер снят камерой по пояс, или деталь, если зрителю показаны только глаза. Но в фонографическом изложении звучащий крупно голос не может однозначно ассоциировать у всех слушателей точный зрительный план: одни представят себе человека, находящегося на расстоянии 1–2 метра от них, другим покажется, что говорящий ближе. Это происходит потому, что изобразительная информация более конкретна в своей геометрии, чем звуковая, а слуховое восприятие гораздо индивидуальнее зрительного (во всяком случае, в отношении оценки размера звукового объекта или квазиобъекта).

Поэтому нет смысла пользоваться множеством градаций звуковых планов, аналогичных градациям планов изображения, принятым в живописи, фотографии или кино. Звукорежиссерская практика показывает, что достаточно ограничиться следующими плановыми разновидностями:

1. Сверхкрупный план.
2. Крупный план.
3. Средний план.
4. Общий план.
5. Дальний план.

Градации 2, 3 и 4 являются наиболее распространенными.

Естественно, что границы между указанными звуковыми планами не могут быть определены точно, так как в каждом кон-

кретном случае слушатель не только оценивает впечатления о расстоянии до квазиисточника и его величине, но проводит также постоянные подсознательные или рациональные соизмерения со всеми остальными элементами фонокомпозиции, невольно апеллируя к той акустической обстановке, которую звуковая картина сообщает его воображению. Поэтому необходимо учитывать, что плановая организация, плановое распределение звуковых образов строится по двум координатам: наиболее крупному плану одного из голосов (под голосом подразумевается инструментальная или вокальная линия в музыкальном произведении) и наиболее удалённому плану, при том, что ключом к восприятию удалённости является общая диффузная атмосфера звуковой картины, дающая возможность оценить, пусть даже субъективно, размеры звучащего пространства (см. § 5-3).

Акустические характеристики указанных плановых градаций базируются на выработанном веками психофизиологическом опыте слухового восприятия. Человеческий слух оценивает расстояние до источника звука, во-первых, по удельному весу так называемых «прямых» сигналов в общем звучании, во-вторых, по соотношению энергий частотных компонент звукового спектра. Так, известно, что короткие звуковые волны, порожденные высокочастотными колебаниями источника, затухают из-за трения в среде распространения быстрее, чем длинные (низкочастотные). Следовательно, недостаток высокочастотных составляющих в звучании принципиально не может свидетельствовать о близости источника.

Нужно попутно заметить, что спектры сигналов атак большинства музыкальных инструментов, в особенности ударных, изобилуют высокочастотными компонентами. Поэтому яркое, или наоборот, мягкое звучание в атаках также имеет соответствующую связь со степенью удаленности объекта.

Кроме того, звуки различной громкости субъективно оцениваются как звуки источников, находящихся на разном расстоянии от слушателя (громкие — ближе, тихие — дальше). Как следствие этого, частотная характеристика слухового восприятия варьируется в отношении низких и, в некоторой степени, высоких частот, дополнительно помогая констатировать близость источника по обилию этих спектральных составляющих, или наоборот.

Что касается упомянутой оценки удельного веса прямых сигналов в общем звучании, то необходимо отметить, что наш слух

способен различать две составляющие энергии реального звукового поля: энергию $E1$ прямых звуков, доходящих до слушателя непосредственно от источника, и энергию $E2$ диффузного звука, являющегося результатом реверберационного процесса в помещении. Частное $R = E2/E1$, именуемое *акустическим отношением*, свидетельствует о том, какая из этих составляющих преобладает в той или иной точке пространства, окружающего источник. Психоакустический опыт показывает, что при прослушивании источника в непосредственной близости от него воспринимаемый звук имеет минимальную диффузную окраску, так как прямые акустические сигналы доходят до слушателя без потерь, и к тому же маскируют звуки, отраженные от различных архитектурных поверхностей. И наоборот, при большом удалении от источника звучание приобретает почти исключительно диффузный, «размытый» характер, ибо энергия прямых звуков, доходящих до слушателя, ничтожна.

Однако, поскольку *реверберационные процессы в закрытых помещениях* существуют независимо от взаимного расположения источника звука и слушателя, то и в фонографии их невозможно исключить полностью, разве что кроме случаев, обусловленных художественной спецификой. Поэтому в число признаков удалённости звуковых объектов, соответственно, фонографических квазиобъектов, следует ввести ещё один, так сказать, уточняющий параметр, — временной сдвиг между прямыми и диффузными сигналами. Иллюстрация 5-7 даёт этому обстоятельству некоторое пояснение. Суммарный диффузный сигнал, психологически воспринимаемый слушательницей как сигнал, идущий от «дальней стены», поступает через время T_{diff} . после каждой акустической атаки. Звук саксофона доходит до точки прослушивания за время T_{sax} , сопоставимое с T_{diff} , так что разность $T_{diff} - T_{sax}$ стремится к нулю. Что же касается звуков контрабаса, слышимых через время T_{basso} после их возникновения, то воспринимаемая диффузная окраска этого инструмента задержана на вполне ощутимую величину $T_{diff} - T_{basso}$.

Все сказанное относится, в первую очередь, к моноуральному восприятию, когда человеческий слух не оценивает ни направления на источник звука, ни его ширины (протяженности). При бинауральном приеме в слуховой оценке размеров, как мы уже выяснили, принимает немалое участие и угловой охват источника. А его локализация в фонографическом пространстве дает возможность

производить размерные сопоставления различных квазиисточников, что также связано с оценкой в звуковом изображении глубины и масштабности.

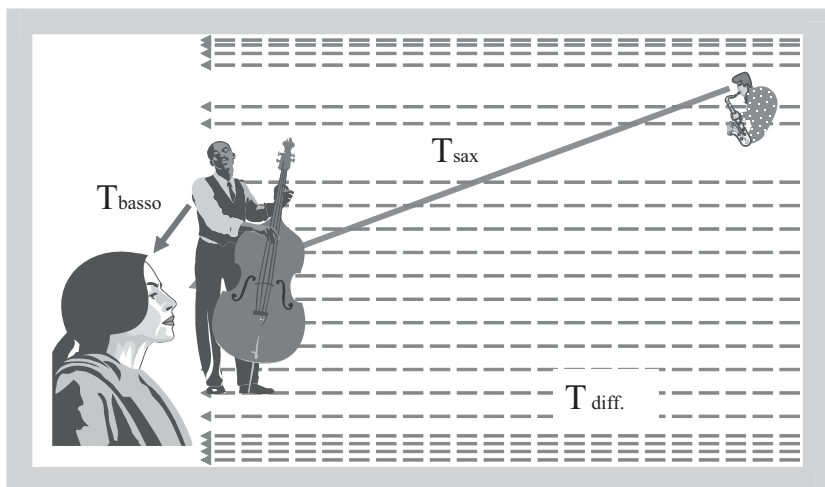


Иллюстрация 5-7

Следует, впрочем, заметить, что в искусственных звуковых полях, в фонографии, увеличение иллюзорных размеров виртуальных звуковых объектов может быть иногда связано с их незначительной реверберационной окраской, пока таковая тесно коррелирована с прямыми сигналами, а её малость не воспринимается как общеакустическая аура. В этом случае большая ширина квазиобъекта, являющаяся признаком его близости, может противоречить данному звуковому плану с точки зрения акустического отношения, увеличение которого суть свойство удаления источника. Такая ситуация требует повышенного внимания со стороны звукорежиссёра, а возникающие проблемы решаются путём компромисса.

О близости или удаленности акустических объектов свидетельствует подчеркнутость или, соответственно, завуалированность характерных призвуков, связанных со звукоизвлечением (стуки клапанов духовых инструментов, дыхание исполнителей, т.п.)

Итак, основные признаки, по которым в фонографии определяется план, следующие:

1. Громкость квазиобъекта.
2. Акустическое отношение и количество пространственной информации.

3. Время задержки между прямыми и диффузными сигналами.
4. Спектральные качества квазиисточника, характер звуковых атак.
5. Впечатления о размерах квазиобъекта; при стереофонической передаче или передаче в системах *surround* — ширина виртуального источника звука.
6. Заметность исполнительских шумов (призвучков).

Необходимо уточнить, что диффузную окраску сообщают отнюдь не только сигналы реверберации, естественной или искусственной (см. ниже). Любые, даже однократные повторения звука, созданные устройствами задержки сигналов ассоциируются в психоакустике с существованием отражающих природных или архитектурных конструкций, с наличием пространства, в той или иной глубине которого действует акустический объект.

Определим теперь конкретные характеристики звучания квазиисточников, передаваемых в художественной фонографии различными планами.

1. СВЕРХКРУПНЫЙ ПЛАН. Уровень громкости — максимально возможный. Акустическое отношение ничтожно, то есть диффузные сигналы либо отсутствуют вообще, либо находятся на пороге заметности; если же они хоть чуть-чуть ощущаются, то временной сдвиг между прямыми и диффузными звуками — большой. В естественных условиях он зависит от архитектурных особенностей помещения, а в фонографии, где используются также приборы искусственной обработки сигналов — время задержки можно увеличивать до тех пор, пока запаздывающая диффузная окраска, пусть и минимальная, не потеряет корреляции (временной связи) с прямым сигналом и не станет помехой в художественном смысле.

Частотная характеристика звукопередачи имеет подъем в нижней и верхней областях, и не только за счет электрической коррекции, применяемой для эффекта сверхкрупного плана, но и благодаря субъективному увеличению слуховой чувствительности на краях частотного диапазона при повышении громкости. Кажущиеся размеры квазиисточника — максимальные; при стереофонической передаче они могут достигать всей ширины стереобазы.

Заметим попутно, что сверхкрупный план применяется довольно редко из-за того, что такая близкая, детальная передача изобилует непривычно большим уровнем шумов, связанных со звукоизвлечением. Кроме того, в большинстве случаев требуется очень малое расстояние от микрофона до исполнителя, что сопряжено с техническими сложностями, в частности, с возможностью аэродинамической перегрузки микрофона. Этого, разумеется, можно избежать, применяя устройство ветрозащиты, но наличие последнего влияет на спектр звукопередачи, заметно снижая ее как раз в высокочастотной области, что противоречит вышеизложенным требованиям.

Французский звукорежиссер Ж. Бернар отмечал, что «...*сверхкрупный план обладает известной степенью нескромности*». Поэтому его использование должно быть продиктовано драматургической необходимостью, и применять сверхкрупные планы без убедительных оснований, очевидно, не следует.

2. КРУПНЫЙ ПЛАН. Уровень громкости — умеренно большой, иногда максимальный, но передача при этом состоит уже не только из одних прямых звуков. Несмотря на то, что акустическое отношение по-прежнему мало, квазиобъект всё-таки приобретает ощущаемую диффузную окраску. Время задержки между прямыми и рассеянными сигналами остаётся пока большим. Частотная характеристика передачи крупным планом может не иметь подъёмов в высокочастотной области, хотя из-за большой громкости субъективное ощущение усиления краёв спектрального диапазона, особенно на низких частотах для голосов нижнего регистра, всё ещё остается. Механизмы звукоизвлечения прослушиваются, но не подчёркнуты. Виртуальные размеры источника — большие, но уже не огромные, как это было в сверхкрупном плане; они устанавливаются в соответствии с естественными ощущениями. Стерефоническая ширина определяется в соотношении с протяжённостями квазиобъектов иных планов. Как правило, она заметно меньше стереобазы. Звуковые атаки — яркие, но уже не гипертрофированно жёсткие, как при сверхкрупной звукопередаче.

3. СРЕДНИЙ или НОРМАЛЬНЫЙ ПЛАН. Уровень громкости — близок к естественному, во всяком случае, соотносительно со звучанием всей программы. Акустическое отношение приблизительно равно 1, что означает, с одной стороны, достаточную

диффузную окраску квазиисточника, а с другой — уже сообщает некоторую информацию об окружающем пространстве, разумеется, далеко не полную в своей акустической геометрии. Начальный сдвиг диффузных сигналов меньше, чем в двух предыдущих случаях. Спектральная характеристика не имеет заметных подъёмов в каких-либо областях, хотя это требование не запрещает применение частотной коррекции, например, для целей фонокористики или исправления дефектов микрофонного приёма. Так же вполне допустимо использование с художественной целью различных устройств для специфической обработки звука (см. главу **«ФОНОКОЛОРИСТИКА»**).

Относительные масштабные размеры квазиобъектов, звучащих в среднем плане, адекватны естественным, поэтому ширину виртуального источника в стереофонии следует делать такой, чтобы результаты слуховой оценки расстояния (глубины) в рамках фонографической картины максимально соответствовали возникающему при этом психологическому зрительному эффекту.

Акустические призвуки исполнителей воспринимаются уже совершенно естественно, как при непосредственном слушании. То же самое можно сказать и о характере звуковых атак — их акустическое качество натурально соответствует музыкальной динамике.

Заметим, в порядке отступления, что постоянные ссылки на естественные акустические закономерности и слуховой опыт предписывают будущему звукорежиссеру неперенные ежедневные наблюдения и тренировки звукозрительного восприятия и слуховой памяти, без чего фонографическая «лепка» будет недоступной.

4. ОБЩИЙ ПЛАН. Акустическое отношение — много больше 1, поэтому громкость передачи, преимущественно, определяется громкостью звучащего пространства, информация о котором почти максимальна. Уровень же громкости собственно прямых звуков источника сравнительно невелик, он, как правило, продиктован необходимыми музыкальными пропорциями, с одной стороны, и условиями точной локализации квазиобъекта в стереофонической картине, — с другой.

Последнее требует некоторых пояснений. Дело в том, что виртуальные размеры источника при изложении общим планом — минимальны, но он должен быть конкретно различим в общем звучании. И здесь большую помощь вновь оказывают локализационные

свойства слуха, ощущение направления и, соответственно, включение псевдозрелищных механизмов восприятия. Минимум же ширины квазиобъекта может либо равняться пределу разрешающей способности (3° — см. выше), либо, если на этот счет нет особых драматургических предпосылок, квазиобъект может передаваться точно, то есть с использованием моносигнала, направляемого в нужное место стереофонического изображения панорамным регулятором.

Временная задержка между прямыми и диффузными звуками настолько мала, что реверберационные сигналы воспринимаются уже как нечто слитное, входящее в акустическую природу источника.

Спектральная характеристика передачи имеет некоторый спад на краях диапазона, особенно в высокочастотной области; этим объясняется также и достаточная мягкость звуковых атак. Что касается источников звука, представляющих нижние регистры, и излучающих волну, близкую к шаровой, то для них в дальнем плане характерен небольшой спад интенсивности в низкочастотной области спектра.

Исполнительские призвуки, если и прослушиваются, имеют явно выраженную диффузную окраску, что дополнительно убеждает слушателя в общеплановом звукоизображении.

5. ДАЛЬНИЙ ПЛАН, как и сверхкрупный, также используется крайне редко, и всегда требует точной драматургической мотивировки. Акустическое отношение при передаче дальним планом стремится к бесконечности, ибо в собственно источник превращается всё звучащее пространство, где прямые сигналы почти отсутствуют, тем более, что реверберационные звучат с ними, практически, синхронно. Частотная характеристика передачи соответствует только диффузной атмосфере, поэтому крайние участки спектрального диапазона либо не воспроизводятся вообще, либо передаются с большим спадом, потому что, как уже отмечалось, впечатление о большом удалении источника звука подтверждается как малым уровнем низкочастотных составляющих сигнала, интенсивность которых в поле шаровой волны убывает пропорционально квадрату расстояния до слушателя, так и малым уровнем высокочастотных компонент, претерпевающих при распространении на большие расстояния значительное затухание в среде.

Размеры далеко звучащего пространства определяются эквивалентным временем реверберации; степень удаленности связана с громкостью, а также, как следует из вышеизложенного, с соотношением уровней различных спектральных составляющих передачи.

Необходимо отметить, что во имя сохранения естественности звучания при передаче тем или иным фонографическим планом все указанные признаки должны соответствовать друг другу. Исключения составляют те случаи, когда звуковая драматургия требует нарушения натуральности. Здесь может возникнуть необходимость, к примеру, максимальной громкости одних диффузных звуков, либо, наоборот, едва слышимого шепота, излагаемого, по всем остальным признакам, в явно крупном или даже сверхкрупном плане. Режиссерская трактовка звукового произведения может также потребовать свободы вариаций шириной квазиобъекта вне зависимости от величины плана. Но такие «неестественные» решения всегда должны быть оправданы содержанием материала, и принимать их нужно обязательно в контексте целого произведения.

Звукорежиссёр должен заранее проанализировать создаваемую звуковую картину, и *зрительно* представить себе во всех деталях фонокомпозицию каждого эпизода, руководствуясь при этом не только личными ассоциациями, но и объективными акустическими категориями, вытекающими из художественного замысла. Что же касается вопроса о применении плана той или иной крупности, то он решается при сквозном разборе всего произведения. Конкретных рекомендаций по «рисованию» определенными планами для изложения тех или иных фонокомпозиционных элементов существовать не может и не должно, разве что когда звуковое изображение обязательно соответствовать естественным и привычным психоакустическим закономерностям. К таким случаям могут, к примеру, относиться так называемые «записи по трансляции из концертного зала»

Добавим, что слуховой аппарат, воспринимая сложную звуковую картину, произвольно концентрирует внимание на звуках, представляющихся человеку в данный момент наиболее важными. При этом происходит так называемая свободная психологическая адаптация к «главному» голосу (ее не следует путать с явлением физиологической адаптации слуха к звукам различных уровней). Заметим из повседневной практики, что даже в условиях повышенного окружающего шума мы способны на большом расстоянии

отчетливо воспринимать речь кого-либо из присутствующих, если она является для нас наиболее актуальной. Иногда же мы наблюдаем за собой противоположное: крик стоящего рядом остается не услышанным, если он нас не интересует, а наше внимание сконцентрировано на окружении, пусть даже беззвучном.

Подобной психологической настройке помогают сопутствующие зрительные факторы, дающие толчок к переключению внимания на звуки, обладающие объективно той или иной крупностью, ибо собственно *избирательная* работа слухового анализатора состоит в выделении конкретного звука из шума, равно как и прямого из диффузного, невзирая на то, что собственно слуховые приемники, уши, механически реагируют на суммарный сигнал.

Однако в условиях электроакустики, за исключением звукопередачи в кино или телевидении, физическое зрение дезавуировано, и психологическая адаптация может происходить уже только в слуховых отделах головного мозга. Но для того, чтобы адаптироваться к тому или иному звуку, слушатель должен получить обязательную информацию об их качественной разнице, и чем выше будет степень дифференцированности, тем шире окажется поле этой свободной адаптации, тем активнее станет слуховая деятельность, а вместе с ней — и восприятие.

В данной связи иногда бывает достаточно того, что несколько звуков обладают тембральной или регистровой разницей, и в дополнительной плановой дифференцированности нет особой необходимости. Но чем сложнее звуковая картина, тем больше возникает пар или групп элементов, характеризующихся близкими тембрально-высотными признаками, и тем сильнее надобность в акустической разноплановости.

При этом всегда уместно ставить вопрос о *взаимоотношении* различных планов как внутри единой фонокомпозиции, так и в пределах звуковой мизансцены, и тем самым находить ключ к режиссерским решениям.

§ 5-5. Техническая реализация фонографии

В этом параграфе будут рассматриваться вопросы о том, каким образом можно управлять имеющимися в распоряжении звукорежиссера электроакустическими средствами для достижения

тех или иных результатов в процессе фонографической лепки. Имеются в виду оперативные регулировки различного вида на звукоорежиссерском пульте, возможные вариации характеристик микрофона и его расположения в студии.

Следует вспомнить, что качественная основа фонографии закладывается уже на стадии микрофонного приема, если записываются звуковые компоненты естественно-акустического, а не синтезированного типа.

Поскольку подробности, касающиеся микрофонной техники и микрофонного приема, описаны в предыдущей главе, здесь освещаются лишь аспекты, относящиеся к звуковому изображению, звукозрелищу. То же самое можно сказать и об иных устройствах или звеньях всего тракта звукопередачи.

Несмотря на то, что технические манипуляции могут анализироваться нами порознь, нужно учитывать взаимосвязи между ними; цель будет достигнута только при совокупном использовании всех возможностей, предоставляемых мастеру электроакустической палитрой.

Стереометрические обоснования выбора микрофонной техники

При подготовке к созданию пространственной звуковой картины выясняется, какие из ее компонент будут излагаться с той или иной шириной (протяженностью), а какие — излагаться точно. Исходя из этого, решается вопрос о выборе принципиального вида микрофона — стереофонического, монофонического, или группы микрофонов.

Ясно, что сигнал одного монофонического микрофона не может быть непосредственно использован для изображения протяженного квазиисточника. Иллюзию относительной ширины квазиобъекта можно получить, руководствуясь представлением о том, каким было психобиологическое воспитание нашей слуховой культуры. Конкретно: широкий звуковой источник всегда сообщал двум ушам, по меньшей мере, несинфазные (а, может быть, даже и несинхронные) сигналы из-за временной разницы в приходе звуковых волн от разных точек большого акустически колеблющегося тела. Впечатление усиливалось, если, так ска-

зять, «левая» и «правая» составляющие звуковой информации отличались еще и по спектру (вспомним, к примеру, акустическую геометрию большого концертного рояля). Предельным случаем в ряду множества иллюстраций можно считать звучание огромной людской толпы, хора или оркестра, когда звуковые волны левого и правого направлений оказываются еще и неизоморфными.

Электроакустическому способу имитации протяжённости в случае монофонического микрофона могла бы отвечать коммутационная схема, приведенная на иллюстрации 5-8, где **М** — монофонический микрофон, **М.У.** — микрофонный усилитель, **ЗДС** — устройство задержки электрического сигнала, **ТРУ** — транспонирующее устройство, **РН1** и **РН2** — регуляторы направления соответственно для левой и правой составляющих квазиисточника, ΣL и ΣR — выходные сумматоры стереофонического звукорежиссерского пульта.

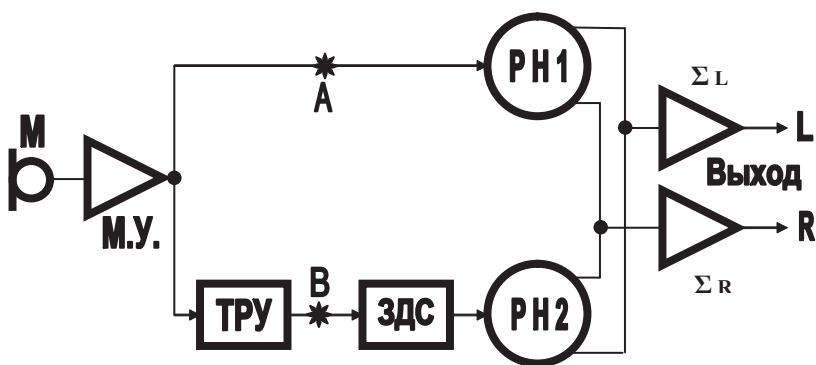


Иллюстрация 5-8

Спектры сигналов в точках **A** и **B** отличаются друг от друга на величину частотного сдвига в тех небольших пределах изменения высоты (транспонирования), пока слух не ощущает заметной интонационной расстройки. Как правило, для музыкальных сигналов — это 1-5 процентов, а для шумовых сдвиг может быть значительно больше.

На иллюстрации 5-9 такое транспонирование поясняется парой спектрограмм.

Значения спектральных компонент

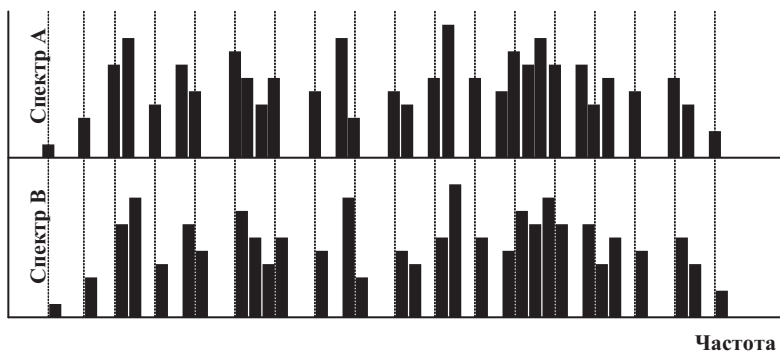


Иллюстрация 5-9

В рассмотренном варианте произведено качественное преобразование спектра сигнала. Знак частотного сдвига, в принципе, не имеет значения. Если же в распоряжении звукорежиссера нет устройства, выполняющего изменение высоты звука (**PITCH**), то для создания простейших иллюзий протяженности его можно заменить корректором частотной характеристики или парой фильтров нижних и верхних частот, один из которых включен в цепь А, а другой — в цепь В (количественное преобразование спектра). Но использование этих звеньев пульта должно быть очень деликатным, чтобы они не слишком влияли на тембр источника (см. главу «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**»).

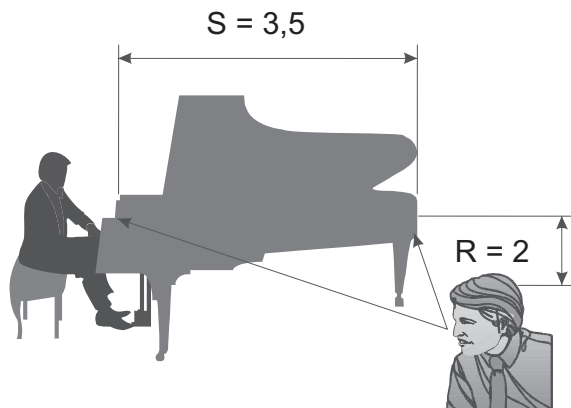


Иллюстрация 5-10

Временной сдвиг осуществляется с помощью устройства задержки сигнала также на небольшую величину, соответствующую естественным акустическим смещениям времени прихода волн к слушателю от разных краев звучащего тела. Поскольку речь идет не столько об адекватности, сколько об аналогии, то для приблизительной оценки времени задержки можно представить себе протяженный источник, прослушиваемый асимметрично в смысле акустической стереометрии (иллюстрация 5-10).

При указанных геометрических величинах приблизительное время сдвига между сигналами левого и правого направлений равно 3 мсек. (Для сравнения: при прослушивании симфонического оркестра у слушателя, сидящего на крайнем месте первого ряда партера, это время составит величину порядка 12 мсек.)

Г. Хаас в своих исследованиях показал, что пока время относительного сдвига для большинства изоморфных звуковых сигналов не превышает 15–30 мсек., человеческий слух воспринимает их слитно. При создании же виртуальных источников звука по временному способу оперируют задержками 0,1–3 мсек., в зависимости от характера сигнала и требуемого стереонаправления.

Поэтому практические рекомендации по величине временного сдвига для создания иллюзорной протяженности квазиобъекта лежат в пределах 3–20 мсек. Нужно только учесть, что чем ярче и короче атака звука, тем заметнее, при прочих равных условиях, может оказаться эффект задержки.

Впечатление протяженности может быть создано применением не только однократной задержки звука, но и множественными (см. ниже: «ранними») отражениями, а также, в некоторых случаях, и реверберационными сигналами.

Максимальная ширина квазиисточника, согласно иллюстрации 5-8, получится, если сигнал А будет полностью воспроизводиться левым громкоговорителем, а сигнал В — правым. Нельзя, впрочем, утверждать, что эта максимальная протяженность покажется равной ширине стереобазы, — слишком велика зависимость эффекта от характера звукового сигнала.

Результат оценивается на слух. Виртуальная ширина квазиобъекта может быть уменьшена вращением панорамных регуляторов РН 1 и РН 2 во взаимно-встречных направлениях. Если при этом желательно сохранить начальную симметрию расположения квазиобъекта относительно стереофонической оси, то необходимо

учесть, что при малых временных сдвигах сигнала А относительно сигнала В возможно смещение виртуального источника в сторону опережающего громкоговорителя. Это компенсируется, при необходимости, разницей усиления левого и правого каналов.

Нужно также заметить, что при «сужении» квазиобъекта, как правило, не уменьшается объемность его звучания, просто ширина, так сказать, трансформируется в глубину, ибо по-прежнему существуют спектрально-временные искусственные дополнения.

Мы уделили так много внимания пространственной обработке моносигнала для того, чтобы читатель смог убедиться, насколько проще и точнее оказывается применение стереофонического микрофона системы X/Y. Действительно, наличие двух соосно совмещенных акустических приемников, ориентированных на левую и правую части источника звука, обеспечивают весь необходимый набор спектрально-временных (спектрально-фазовых) дифференциалов для стереофонического изображения (иллюстрация 5-11).

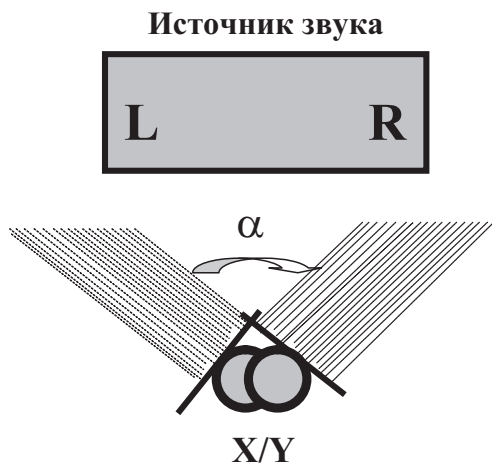


Иллюстрация 5-11

Манипуляции с сигналами обоих приемников для получения протяженного квазиобъекта нужной ширины и азимута производятся не только панорамными регуляторами звукорежиссёрского пульта. Угол α взаимного разворота соосных микрофонов — один из основных варьируемых параметров. Для его оптимального выбора

существуют два соображения. Во-первых, эта величина должна быть такой, чтобы стереомикрофон в соответствии с характеристикой его направленности охватывал весь источник; (здесь нужно учитывать, что при неизменном расстоянии между ними акустическое отношение возрастает с увеличением угла α , ибо в зону приема попадает все большее и большее количество диффузных сигналов). Во-вторых, центральная часть источника при малых углах α будет передана с непропорционально увеличенным уровнем, а при больших — наоборот, и это особенно заметно при относительно близком расположении стереомикрофона у протяженного источника (напр. хора, оркестра, т.п.).

В таких случаях необходима корректировка расположения исполнителей по отношению к микрофону. При этом преследуется цель достижения плановой однородности, что поясняется иллюстрациями 5-12 и 5-13 на примерах фонографии хора:

Согласно иллюстрации 5-12, «плоское» расположение хористов в тонателе приводит к неодинаковым расстояниям R1 и R2 от единственного стереофонического совмещённого микрофона до срединных и крайних групп хора, что заметно влияет на пространственно-громкостные впечатления.

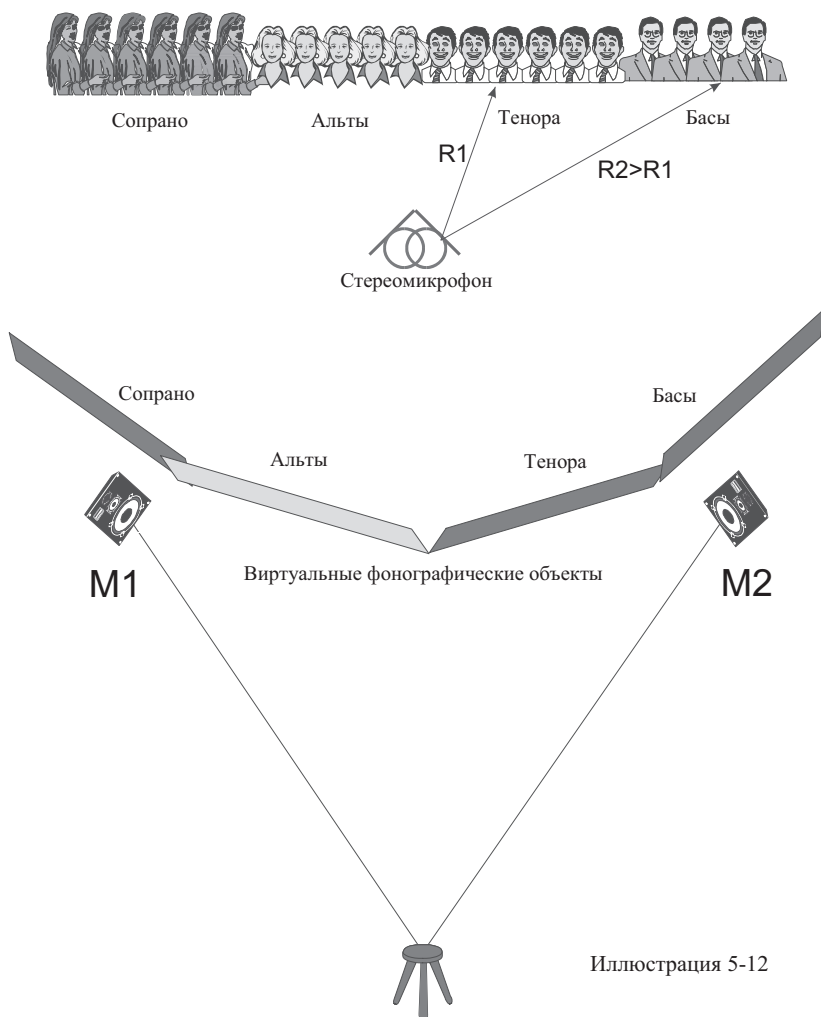
В результате получается виртуальное звуковое изображение, в котором центральная часть хора (здесь: альты и тенора) представляется ближе (да и громче), чем группы сопрано и басов.

В оптимальном же варианте хористы располагаются по дуге окружности, обеспечивая одинаковые расстояния от стереомикрофона до разных групп (иллюстрация 5-13).

Теперь соответствующая фонография изображает хор как единое во всех направлениях, то есть *акустически изоморфное*, слитное тело. И только в этом случае линейное звуковое изложение в своей динамике будет адекватно хоровой партитуре (по меньшей мере, тому, как она исполняется).

Сигналы для создания иллюзии протяженности можно получить от двух (или более) монофонических микрофонов, расположенных вдоль источника. Этот метод передачи получил в свое время название стереосистемы АВ (иллюстрация 5-14).

Совокупность виртуальных источников V1 – V4, полученных из сигналов мономикрофонов M1 – M4. в соответствующих направлениях, дает впечатление некоего протяженного квазиобъекта



даже в случае всего двух микрофонов M1 и M4, находящихся в точках А и В (отсюда и название способа). Места расположения микрофонов, характеристики их направленности и расстояние от них до источника вполне могут быть оптимизированы для получения звукопередачи, полноценной с точки зрения тембрально-громкостных соотношений. Более того, если количество микрофонов превышает 2, то наличие виртуальных точек V2, V3,.....Vn конкретизирует и обогащает фонографический рельеф, и дает возможность откорректировать, в случае необходимости, громкостной

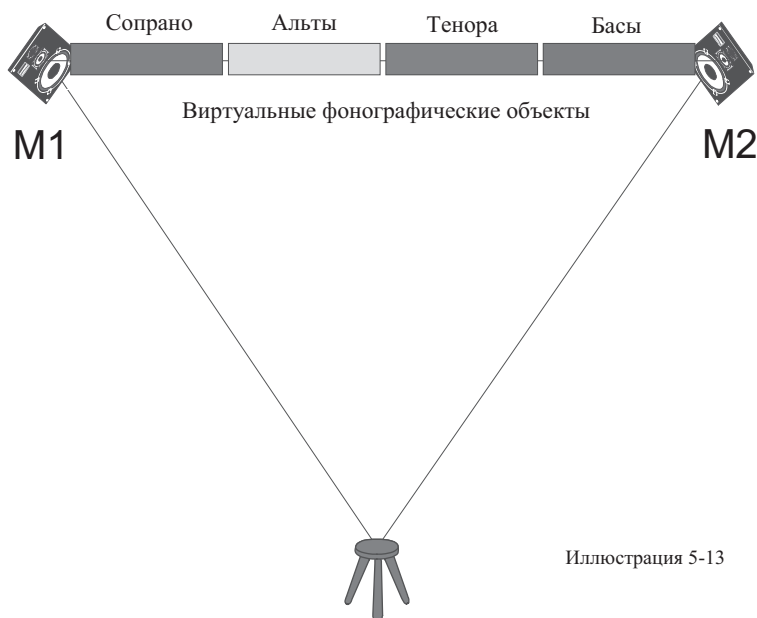
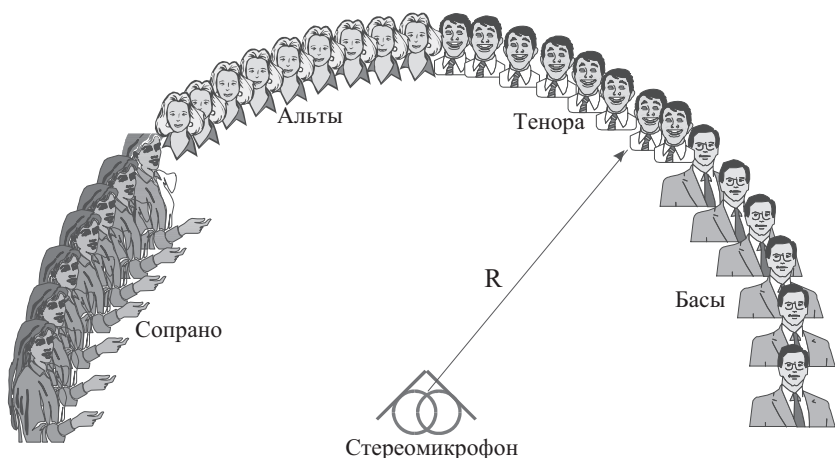


Иллюстрация 5-13

баланс. Уже только эти преимущества могли явиться основанием для широких рекомендаций к использованию стереофонического метода АВ, если бы не одно досадное обстоятельство. Дело в том, что разные по длинам волн компоненты в широком спектре сигналов источника приходят к отдельным микрофонам с постоянно

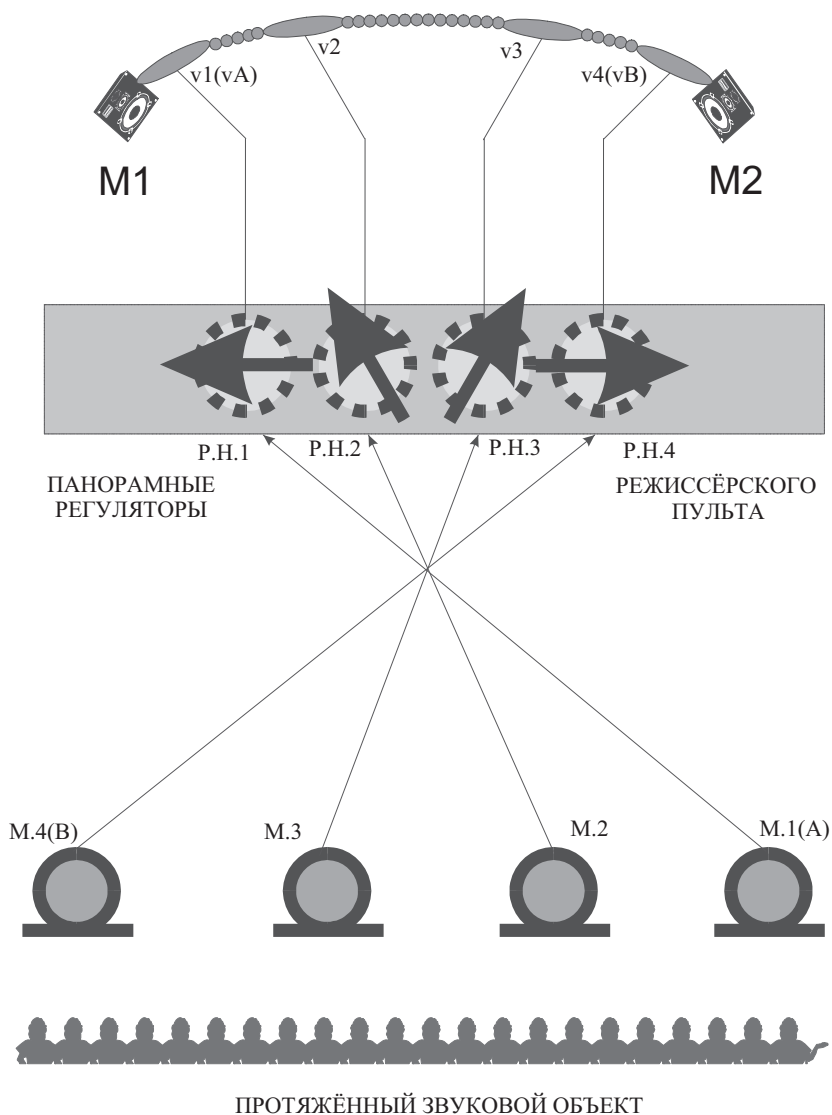


Иллюстрация 5-14

меняющимся фазовым соотношением, отчето фонографическое изображение теряет стационарность и азимутальная картина становится значительно менее определенной, чем при использовании стереомикрофона. Ситуация может дойти до курьёза, когда, например, при изложении рояля звуки разной высоты локализируются

в разных местах фонографического изображения, причем картина хаотически изменяется, то есть это явление даже не имеет стереометрического постоянства. Кроме того, фазовая некоррелированность пагубно сказывается на совместимости стереофонограммы при монофоническом воспроизведении, так как электрическая интерференция беспорядочного характера искажает громкостные балансы.

Однако соблазн добиться яркой фонографии все время заставлял звукорежиссеров обращаться в том или ином виде к системе АВ, и к настоящему времени почти исключительное применение нашел комбинированный способ, названный в обиходе методом АВ / ХУ. В нем основная звукоизобразительная нагрузка ложится на так называемый «общий» стереофонический совмещенный (ХУ) микрофон, создающий обзорный рисунок источника, а детали уточняются дополнительными монофоническими микрофонами, сигналы которых передаются в тех же стереометрических направлениях, где они слышатся (видятся) в общей картине. Чтобы описанные недостатки этих АВ-составляющих не приводили к сильным пространственным искажениям, их следует дозировать осторожно, скорее для намека на конкретность, нежели для ее полной очевидности.

Разумеется, инструментальная фактура и динамика исполнения записываемого музыкального произведения предполагают соответствующее тонателье, акустические характеристики которого обеспечат оптимальную структуру звукового поля, когда сигналы даже одного общего стереомикрофона смогут дать удовлетворительную фонографическую картину.

При изложении протяженного неоднородного источника (те же хор или оркестр) в качестве локальных микрофонов можно использовать также совмещенные стереофонические, регулируя как направление, так и ширину звукоизобразительных фрагментов квазиобъекта. Но в этом случае требуется особенное внимание как к месту расположения отдельных стереомикрофонов, так и к установке угла разворота совмещенных приемников с тем, чтобы их «ракурсы» соответствовали конкретному фрагменту протяженного источника, передаваемого «общим» микрофоном, если таковой существует. Неаккуратность в этом смысле не только нарушит верность фонографического изображения, но и приведет к еще большему влиянию спонтанных фазовых сдвигов.

Хочется добавить следующее: не всегда априорно то, что для точечной звукопередачи категорически необходимо использовать монофонический микрофон. Пусть насыщенная большим количеством звуковых элементов фонографическая картина в своих масштабных пропорциях может требовать точечного или минимально различного углового азимута для изображения источника, имеющего в естественной акустике **отнюдь не точечные габариты**, определяющие его звуковую природу. Тогда для полноценной передачи такого объекта применение совмещенного стереофонического микрофона с его возможностью двунаправленного охвата может оказаться весьма целесообразным. А соединение обоих его сигналов в одной точке виртуальной звуковой картины, во имя соблюдения масштабных условий, сохранит объемность звучания, только, как уже говорилось, простирающуюся теперь не в ширину, а вглубь.

Манипуляции регуляторами направления (панорамными регуляторами) звукорежиссерского пульта

Как уже сообщалось, создание виртуального азимута по временному способу в силу ряда причин в настоящее время не используется, поэтому здесь мы рассмотрим принципы регулирования, связанные только с амплитудным методом, хотя неплохо помнить об известных преимуществах относительных небольших задержек сигналов левого и правого каналов стереопередачи, обеспечивающих для слухового восприятия более достоверную локализацию квазиобъектов.

Уделим внимание принципам оценки результатов панорамирования.

Самым надежным способом азимутально-широтной настройки можно было бы считать совокупное регулирование положений всех квазиобъектов, составляющих фонографию записываемого произведения или его эпизода. Постепенно устранив неточности, мы двигались бы к желаемому результату «путем проб и ошибок», так называемым методом последовательного приближения.

Но такая организация работы вряд ли может считаться целесообразной, в особенности, если ей предшествуют эскизные зарисовки, из которых уже ясно, что и где находится. Эскиз ведь

можно просто «перевести» в звуковой масштаб фонографического пространства. Для этой цели и нужно научиться быстрым звукозрительным оценкам.

Заметим, что шкалы у панорамных регуляторов отградуированы мнемонически, и, как правило, конструкторы звукорежиссерских пультов не слишком заботятся о точном взаимном согласовании регуляторов разных каналов. Но даже в пультах с цифровым управлением и пультах компьютерных звуковых станций, где существует такое согласование, величина поворота регулятора направления, строго говоря, не адекватна угловому перемещению виртуального источника звука, кроме, разумеется, центрального и крайних положений. Это также обосновывает соответствующие слуховые тренировки.

Способность оценивать результаты панорамирования проще всего воспитывать методом так называемой зрительной привязки. Пространство фонической аппаратной в районе аудиомониторов может быть заполнено какими-нибудь предметами, геометрия стен часто непрямоугольная, есть рельеф акустической отделки, т.д. Любую из зримых деталей этого помещения легко вообразить себе мнимым источником звука, по меньшей мере, представить, что он (квазиисточник) *находится* в той или иной точке (области) стереофонического пространства. Вы вращаете регулятор направления, останавливаясь в тот момент, когда ощущение виртуального азимута совпадает с выбранным местом зрительной привязки. Для самопроверки можно на время закрыть глаза, чтобы оценить направление только на слух, затем открыть их и убедиться в правильности оценки, или внести нужные коррективы.

Следует учесть, что звуковые квазиобъекты, в особенности помещенные не вблизи громкоговорителей, слышатся (видятся) несколько выше осей излучателей, поэтому и зоны «привязки» нужно искать на соответствующей параллели.

Подобным образом можно идентифицировать и ширину, и удаленность квазиисточников. Если же установка требуемой протяженности на первых порах вызывает проблемы, то рекомендуется следующее: вышеуказанным способом определяются 2 границы по ширине, а затем уровни передачи в обоих направлениях балансируются так, чтобы «громкостная ось» протяженного квазиобъекта совпала с осью его зрительной симметрии (иллюстрация 5-15).

Здесь $r1$ и $r2$, в соответствии с положениями канальных регуляторов направления для сигнала совмещённого стереомикрофона — краевые азимуты протяженного квазиисточника; rs — виртуальная ось его звукозрительной симметрии.

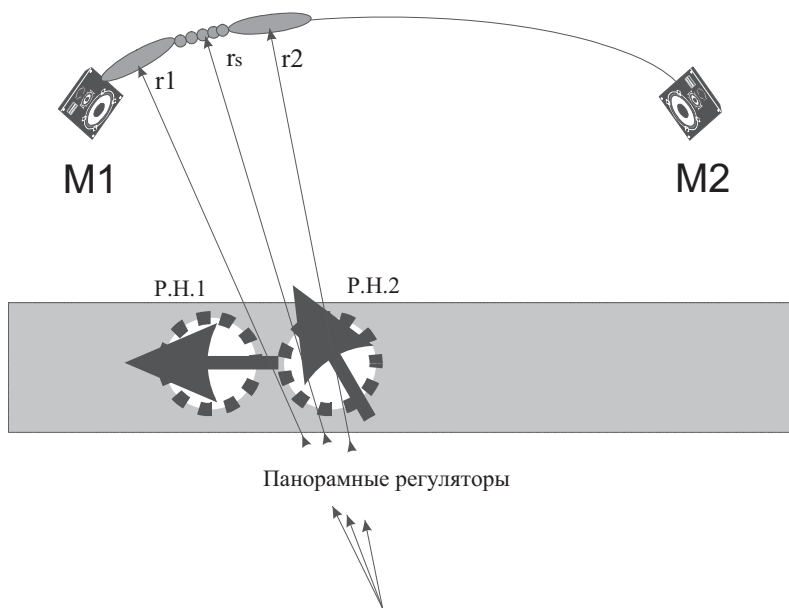


Иллюстрация 5-15

Канальные регуляторы **усиления** на пульте устанавливаются в такие положения, чтобы ни одно из краевых направлений не казалось преобладающим (по громкости). Естественно, это соотношение остается неизменным при регулировке общего уровня звучания данного квазиобъекта.

Описанный способ тренировки азимутального восприятия не следует, очевидно, считать единственным. Автор этих страниц испытал на себе экзотический метод, настоятельно рекомендовать который, впрочем, не следует. В течение длительного времени работа производилась им в темноте, лишь основные органы управления пультом были слабо освещены. Таким образом, воспитывалась специфическая звукозрительная физиология восприятия, подобная той, что свойственна слепым. Слава Богу, вовремя была замечена тенденция к ухудшению зрения, а то эксперимент мог бы закончиться плачевно.

Существует еще один, чисто звуковой прием. Синтезированный импульсный сигнал, напоминающий стрекот, с широким частотным спектром, отлично локализуемый в стереофоническом пространстве, на небольшом уровне направляется в любую из 3-х четко детерминируемых точек (L, R, центр), а панорамируемый квазиисточник или его боковые координаты сравниваются с ним по своему азимутальному положению.

Так или иначе, постепенно отпадет необходимость в привязках, и звукорежиссер сможет выстраивать как плоскую, так и пространственную звуковую картину, оценивая ее только на слух.

Управление спектральными и громкостными признаками удаленности

С удалением от источника звука, спектр акустического сигнала, по известным причинам, претерпевает количественные изменения. Напомним об этом иллюстрацией 5-16; характер спектра здесь — условный, для наглядности.

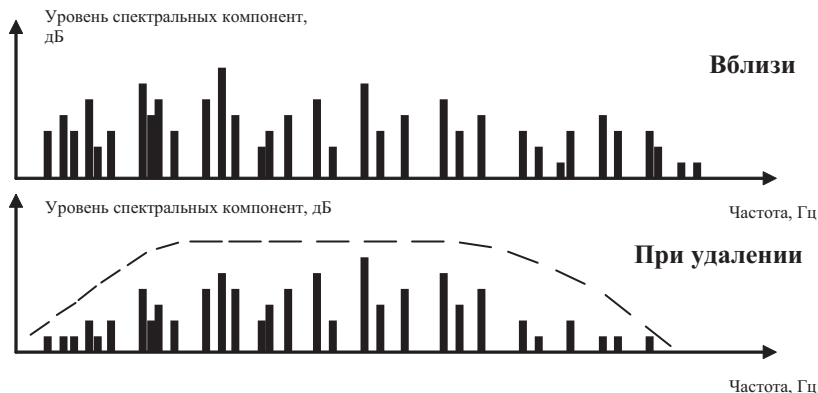


Иллюстрация 5-16

К сожалению, для сложного звукового поля невозможно установить точную зависимость спада амплитуд от частоты спектральных составляющих при удаленности. На сегодняшний день приходится довольствоваться лишь приблизительными данными. Так,

среднестатистический анализ потерь высокочастотных компонент акустического спектра удаленных источников показывает, что на 10-метровом расстоянии затухание колебаний с частотой 12 кГц. на 3,2 дБ. выше затухания для частоты 6 кГц. На расстоянии в 5 м это соотношение снижается до 1,6 дБ.

На практике для спектральной высокочастотной коррекции сигналов удалённых квазиобъектов наиболее пригодными оказываются фильтры первого порядка, с крутизной спада 6 дБ/окт.

Что касается низкочастотной области, то, вероятно, при одном и том же удалении от источника затухание колебаний как функция частоты пропорционально длине волны, являющейся главным параметром ее сферичности. То есть крутизна низкочастотного акустического спада при удалении от источника также составляет, предположительно, 6 дБ/окт.

В составе каждого входного канала пульта звукорежиссёра есть фильтры нижних и верхних частот 1-го порядка с максимальной крутизной* частотной характеристики 6 дБ/окт.

Чем дальше отстоит область звукового спектра от частоты перегиба АЧХ фильтра, тем большее число спектральных компонент подвержено затуханию. Чем выше степень влияния фильтрующей цепи, тем ближе крутизна амплитудно-частотной характеристики к 6 дБ/окт. Первое адекватно степени удаленности (величине плана квазиобъекта), второе же связано с глубинно-масштабными контрастами, то есть с тем, насколько плановые пропорции фонографии соответствуют естественным соотношениям.

Это требует некоторых пояснений.

Действительно, разница между первым и вторым способами регулирования — очень тонкая, и при отсутствии должного навыка и слуховой культуры — едва ощутимая. Но это как раз та тонкость, которая всегда и во всем была характерна для высокого искусства.

В данных же случаях аналогии снова нужно искать в изобразительных искусствах, в частности, в фотографии или кино. Многие из читателей встречали в разных изданиях примеры использования широкоугольной или длиннофокусной оптики, с помощью которой были сделаны снимки со специфической перспективой. Наверняка запомнились портреты на фоне заходящего солнечного

* Имеется в виду максимальная степень влияния фильтра на передачу сигнала. Во многих из современных конструкций этих фильтров регулируется не только частота перегиба АЧХ, но и глубина вносимого частотно-зависимого затухания.

диска, размеры которого в изображении ненамного отличались от размеров человеческого лица, и возникало впечатление отсутствия взаимной удаленности. Такой эффект дает так называемый телеобъектив, сближающий предметы переднего и дальнего планов, вопреки астрономическому расстоянию между ними. Подобного звукозрительного эффекта можно достичь, излагая, к примеру, солиста в крупном плане «на фоне» акустического органа, удаленность которого в спектральном отношении формируется очень низкой точкой среза фильтра ВЧ с максимальной крутизной характеристики спада и подобной комбинацией регулировок в фильтре НЧ (иллюстрация 5-17).

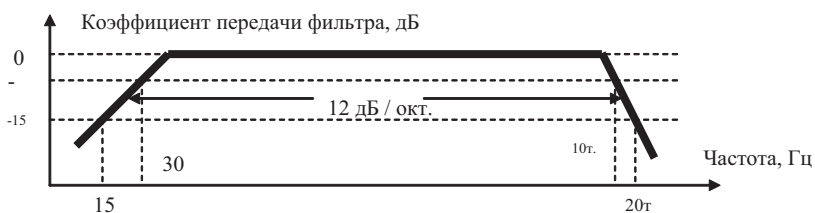


Иллюстрация 5-17

Именно такого эффекта добился автор в фонографии зонгоперы А. Журбина «Орфей и Эвридика», где в финальной сцене звукоизображение Орфея акустически проецируется на изображение Эвридики, поющей ему уже с небес. Оба настолько соизмеримы в фонографическом масштабе, что полное слияние душ героев убеждает любого слушателя.

Другая перспективная аномалия получается при использовании короткофокусного, или широкоугольного объектива, когда размерные соотношения близко и далеко расположенных предметов в изображении гипертрофируются, сообщая снимку большую пластическую динамику. В фонографической аналогии это может быть реализовано формированием АЧХ передачи в соответствии с иллюстрацией 5-18, где при сравнительно небольшой крутизне характеристики затухания обрабатываемые частотные области удаленного звукового объекта — довольно широкие.

Творческая судьба подарила автору возможность реализовать подобную звуковую перспективу. Умиравшему арестанту Кандиду Тарелкину (фонография оперы-фарса Александра Колкера и Вячеслава Вербина «Смерть Тарелкина») в бреду является призрак

так давно ушедшей, что, может, и вовсе не существовавшей возлюбленной. Огромная дистанция между двумя фонографическими изображениями говорит, вопреки тексту этого фрагмента оперы, о невозможности соединиться грешнику с праведницей.

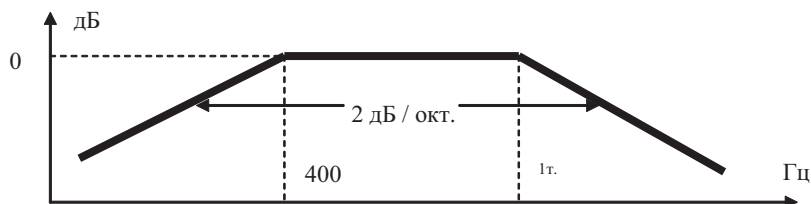


Иллюстрация 5-18

Естественно, что вмешательство в спектральную природу звуков при имитации удаленности не должно идти во вред тембральной стороне. Поэтому при предварительном обдумывании фонокомпозиционных построений необходимо принимать решения, исключающие нежелательные противоречия. Здесь же уместно сказать о внимании, с которым следует относиться к идентификации низкочастотной и высокочастотной областей в спектрах различных музыкальных инструментов и вокальных голосов, чтобы работа с фильтрами не превращалась в бессмыслицу, когда обработка проводится в спектральной области, где вовсе отсутствуют те или иные компоненты (см. главу «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**»).

Что касается громкостных признаков удаленности квазиисточника, то приблизительно двукратное уменьшение уровня можно считать адекватным удалению вдвое, если эту дистанцию координировать по предыдущему положению квазиобъекта, но не в сравнении с другими композиционными элементами. В совокупности же вопросы громкостных соотношений с точки зрения плановых построений решаются эмпирически, причем приоритеты, как и в случае тембров должны сохраняться за музыкально-драматургической тканью.

Многое, о чем говорилось выше, относится к «изолированным» сигналам, встречающимся при многоканальной процедуре, когда исполнители во время записи технологически разделяются в пространстве или времени, обеспечивая в дальнейшем сепаратную

обработку каждого квазиисточника. То же можно сказать и об элементах фонографической композиции на основе электронно-синтезированных звучаний.

Теперь покажем, что спектрально-громкостные корреляты удаленности реализуются почти автоматически, когда пара «микрофон—объект» помещаются в естественные акустические условия.

§ 5-6. Формирование в фонографической картине акустической обстановки и диффузных признаков удаленности

Есть ли нонсенс в том, что слушатель при восприятии стереофонической программы не получает акустических сигналов сзади? С точки зрения формальных понятий физической и архитектурной акустики — да. С точки зрения физиологии слухового восприятия — да. Но не надо забывать, что физические и физиологические законы в искусстве всегда уступают место психофизиологии, чувственным сферам. Биологическая история человеческого слуха тысячелетиями воспитывала способности ощущать в различных обстоятельствах достоверность при отсутствии информационной полноты. Это явление называется *инвариантностью ощущения*, и в нем один из важнейших аспектов формирования психологии восприятия звука и зрелищ.

Применительно к нашей теме можно сказать, что в естественных акустических условиях, например, в концертном зале человек слышит суммарный, в том числе и диффузный, звук, обращаясь взглядом в сторону сцены, и не отдавая себе отчета в направлениях прихода звуковых волн не только спереди, но и сзади. Здесь уже можно говорить о некой психоакустической иллюзорности восприятия, то есть о том, что мы слышим отражённые сзади звуки, не видя их источника. И никакие ощущения неестественности при этом не возникают. Следовательно, справедливо утверждение, что восприятие стереофонической картины, излучаемой парой расположенных только впереди громкоговорителей отнюдь не снижает достоверности оттого, что задние акустические источники отсутствуют.

Ниже, в отдельной главе, будет сказано, что стремление расширить пространственные границы в фонографии путем восполнения

недостающей информации привело к появлению квадрофонических комплексов звукопередачи, предшественников систем «*Surround Sound*». Тыльная пара аудиомониторов там могла излучать преимущественно реверберационные сигналы.

В те годы квадрофония не развивалась не только из-за дороговизны высококачественных 4-канальных электроакустических систем, но и оттого, что в стремлении к увеличению реалий неизвольно вскрылась своя противоположность — уход от искусства, условности которого всегда (и не только в фонографии) рождали некие формальные ограничения, специфически присущие тому или иному художественному виду. Исследование эстетики пространственной звукопередачи тогда, увы, не велось, — слишком много оставалось ещё неизведанных художественных путей в стереофонии, да и в пользовании слушателей было достаточно монофонических устройств звуковоспроизведения, вполне удовлетворявших невзыскательных потребителей.

Вернёмся к нашей теме. Выяснилось, что формальные ограничения в стереофоническом пространстве, когда виртуальная звуковая картина сосредоточена в пределах между двумя громкоговорителями, не препятствуют эстетическому восприятию, как и не снижает эмоционального воздействия картинная рама в живописи.

Разумеется, максимально убедительное впечатление будет получено только тогда, когда доля диффузных компонент в фонографическом изображении оптимальна с эстетической точки зрения, а сам характер диффузного звука тесно коррелирован с прочими компонентами звуковой картины как технически (имеется в виду качественная, а не количественная сторона), так и концептуально. Сказанное нужно понимать так: диффузные звуки, реверберационная картина в художественном изложении не должна быть автономной, вырванной из контекста, фиксировать на себе отдельное внимание слушателя.

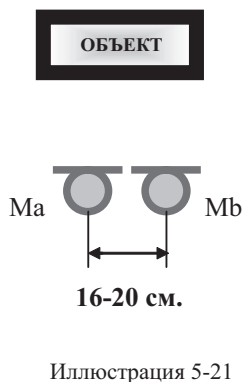
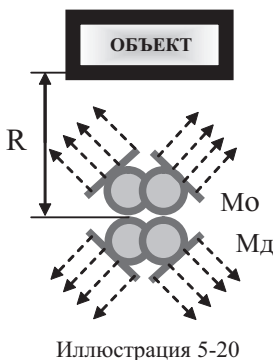
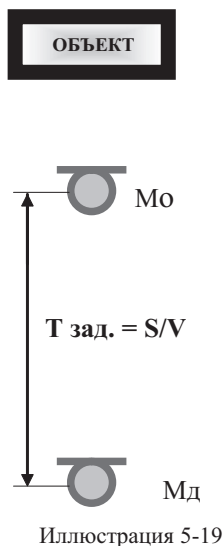
Акустическая обстановка в фонографии реализуется одним из двух способов (или их комбинацией) — микрофонной передачей реверберационного процесса в тонателе, либо созданием искусственной реверберации. Анализ первого случая требует небольшого исторического экскурса.

При изображении диффузного звукового поля в монофонии, не передающей непосредственно широтных признаков акустических объектов, использовались естественные или искусственные

задержки реверберационных сигналов по отношению к прямым. Временная дистанция в психоакустике напрямую ассоциируется с дистанцией геометрической, поэтому сдвиги сигналов дополняли ощущения глубины в звуковой картине, усиливали пространственные впечатления. Отсюда — традиционное существование так называемого «дальнего микрофона» (см. иллюстрацию 5-19).

Здесь Мд — «дальний» микрофон, Мо — «обзорный» («общий») микрофон, Т зад. — время задержки, пропорциональное расстоянию S между этими микрофонами при скорости звука $V = 343$ м/сек.

Сигнал «дальнего» микрофона представляет, по сути дела, задержанный прямой сигнал источника с явно выраженной диффузной окраской, которая, собственно говоря, и передаёт акустическую обстановку.



Появившиеся впоследствии устройства для создания искусственной акустической диффузности (листовой и пружинный ревербераторы) формировали, практически, синхронную реверберацию. Во всяком случае, задержка их выходных сигналов по отношению ко входным не превышала единиц миллисекунд, что не соответствовало естественным акустическим процессам в помещениях с большими объемами. Возникла идея использовать для работы этих

устройств сигнал того же «дальнего» микрофона с целью увеличения времени задержки, дабы превратить создаваемую ими гулкость в подобие акустической атмосферы.

Традиция — вещь косная. И потому с появлением стереофонии «дальний» микрофон продолжали использовать в прежнем качестве. Между тем, стереофоническое изложение протяжённостей акустических объектов привело к обнаружению несоответствий между различными пространственными коррелятами, в частности, между временем задержки сигналов «дальнего» и «ближнего» микрофонов и формой реверберационного процесса, либо соотношениями квазиразмеров двух изображений, даваемых этой микрофонной парой. Возникло то, что нынче относят к области так называемых *акустических дисторсий* или *пространственных искажений*. Применение микрофонных или электрических задержек для искусственной реверберации также сопровождалось известным произволом, ибо выбор величины задержки и прочих реверберационных параметров носил, как правило, случайный характер, без учета взаимосвязей.

Указанные противоречия особенно бросаются в глаза (в уши) при проведении записей в естественных акустических условиях. Действительно, слушатель в концертном зале получает суммарную звуковую информацию, находясь на одном месте. Тогда о какой же фонографической достоверности можно говорить, если сигналы приема прямых и диффузных волн получаются из разных точек пространства, расстояние между которыми иной раз приводит к временному разрыву, выходящему за пределы слитного восприятия?*

Но если расположить односторонне направленные стереофонические совмещенные микрофоны, как показано на иллюстрации 5-20, то задержки отражённых сигналов будут строго соответствовать акустическим процессам в концертном зале или тонателье, и для любого расстояния R от источника до микрофонной группы M_d / M_o все временные параметры свяжутся самым естественным образом, характерным именно для данного помещения в данной его точке.

* Как всегда, в сказанном нет вето. Художественные задачи могут предполагать использование любых акустических продуктов, в том числе и некоррелированных диффузных сигналов, как априорных качеств некоего интегрального звукового объекта, например, хора или оркестра. Конечно, в таких случаях речь идёт уже не об акустической обстановке.

Нечто подобное получается и при использовании одной АВ-стереопары из ненаправленных микрофонов со взаимным расстоянием порядка бинауральной базы, то есть 16–20 см. (иллюстрация 5-21). Но, как уже говорилось, для близких источников нельзя не учитывать разность хода звуковых волн от одних и тех же точек объекта до левого и правого микрофонов, дабы не нарушать сфокусированности и стационарности звуковой картины.

Разумеется, сказанное не накладывает запрета на использование любых иных способов микрофонной передачи акустической атмосферы, в том числе и традиционных. В конце концов, цель диктует выбор средств, а результат оценивается на слух. Но если запись не должна привлекать внимание пространственной ненатуральностью, то не следует пренебрегать объективными, естественными закономерностями.

Во всех случаях желательно, чтобы симметрия во взаимоположении микрофонов и объекта носила не только зрительный, но и акустический характер. Поэтому в зоне нахождения микрофонов предпочтительна максимальная диффузность и однородность звукового поля.

Характеристика направленности стереомикрофона Мд, обращенного в тыл пространства, заметно влияет на слуховое ощущение объемных границ. Чем выше осевая избирательность микрофона (острее диаграмма направленности), тем лучше передается конечная неизоморфность общей акустики, что и делает более детерминированными левое и правое направления. Правда, при этом уменьшается поперечная слитность диффузного изображения.

Мы наблюдаем противоположное, если диаграмма направленности у микрофона Мд, по тем или иным причинам, — круговая. Компактность общеакустического квазипространства возрастает настолько, что его горизонтальная протяженность почти отсутствует. Это объясняется тем, что у вертикально совмещенных ненаправленных стереомикрофонов горизонтальные составляющие диффузного поля, собственно свидетельствующие о ширине пространства, оказываются, практически, одинаковыми для левого и правого приемников. Для частичной компенсации этого недостатка можно ненаправленный стереомикрофон Мд располагать горизонтально.

Заметим, что круговая характеристика направленности у микрофона Мд передает ему часть функций микрофона Мо, что

снижает возможность избирательного дозирования сигналов, полученных от прямых и диффузных волн.

Существуют микрофонные конструкции, содержащие в одном блоке две электроакустически согласованные стереопары. Они идеально подходят для описанной передачи акустической обстановки с сохранением естественных ощущений. Но иной раз возникает желание усилить впечатление пространственной глубины. В таком случае можно расположить стереомикрофоны Мо и Мд на увеличенном расстоянии друг от друга. Следует только помнить, что слишком большая дистанция приведет к упомянутым пространственным аномалиям в фонографическом изображении. Для источников с импульсным характером звуковых атак это явление может наступить уже при расстоянии свыше 2–2,5 м. (акустическая задержка порядка 7 мсек.). И в этом случае, как всегда, нужно драматургическое обоснование такого рисунка акустического пространства.

Работая в студийных условиях, нужно искать такие зоны тонателье для расположения исполнителей и микрофонов, чтобы получаемые пространственно-диффузные фонографические компоненты максимально отвечали бы режиссерской концепции. Этот поиск, выполняемый обычно с ассистентом, проводят в две стадии. Расположившись в центре зала (область наибольшей вероятностной акустической однородности), звукорежиссер предлагает ассистенту перемещаться в разные участки тонателье, и там хлопать в ладоши, петь или играть на музыкальном инструменте; при этом оценивается характер и степень «акустического возбуждения» зала. Таким образом выбирается оптимальное из всех возможных место расположения исполнителей. Далее, ассистент устанавливает направленный стереомикрофон поочередно в нескольких местах тонателье, всякий раз ориентируя его тыльной стороной к исполнителям, а звукорежиссер, слушая в аудиомониторах диффузную картину, выбирает зону нахождения этого микрофона сообразно художественному замыслу. Разумеется, если пространственный (Мд) и общий (Мо) микрофоны конструктивно объединены, то поиск на второй стадии целесообразно проводить для всего микрофонного блока.

Недостаточность или эстетическая непригодность естественной диффузной акустики, часто встречающаяся в фонографической практике, заставила искать способы создания искусственной реверберации.

Сегодня уже не изучают во всех подробностях сравнительные характеристики музейных камер эхо, пружинных, листовых и магнитных ревербераторов. В электроакустических комплексах нынче почти исключительно применяются цифровые приборы или компьютерные программы, лучшие из которых имитируют реверберационные процессы с очень высоким качественным приближением. Пользовательский сервис этих устройств позволяет варьировать многие параметры реверберации, определяющие характер искусственного акустического пространства:

1. Стандартное время реверберации на средних частотах.
2. Относительный подъем/спад времени реверберации на частотах ниже/выше точки разделения частотных диапазонов.
3. Положение этой точки на частотной оси.
4. Ширину спектральной полосы возбуждения ревербератора.
5. Ширину спектральной полосы выходного сигнала.
6. Время задержки между появлением входного сигнала и началом реверберационного процесса.
7. Форму нарастания и спада диффузного звука (характер затухания).
8. Наличие/отсутствие дискретной картины ранних отражений, их количество и уровень.
9. Степень диффузности реверберационного процесса.
10. Относительные размеры имитируемого пространства (во многих приборах вариации этого параметра автоматически корректируют большинство прочих, зависящих от величины объема помещения).
11. Широтно-пространственную геометрию реверберационной картины.
12. Имитацию субреверберационных пространств (сцены, куполов, галерей, т.п.).

Если приведенный список требует специальных комментариев, то читателю нужно обратиться к фундаментальной литературе, например к книге В. В. Фурдуева **«АКУСТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕЩАНИЯ»**. Впрочем, предполагается, что будущие звукорежиссёры непременно изучают акустические процессы в закрытых помещениях.

Ясно, что при творческом использовании электроакустических приборов звукорежиссер обладает богатейшими изобразительными возможностями. Скажем только, что указанные вариации

дают хорошо ощутимые слухом изменения акустической обстановки, которая изначально может быть «сконструирована» по чисто формальным признакам (объем, задержка, время реверберации, т.д.), а затем уточнена по любому из параметров.

Как ни странно, при использовании приборов искусственной реверберации у начинающих звукорежиссёров существуют сложности, связанные с установкой времени реверберации, изменяемого в этих устройствах в довольно широких пределах — (0,3–60) секунд. Возникают проблемы психологического характера, ибо хочется, чтобы выбор этого параметра подчинялся лишь художественным соображениям, а наличие длительных отзвуков иной раз неблагоприятно влияет на передачу гармонического движения, в особенности в эстрадной музыке, где оно подчиняется определенным ритмическим закономерностям. В таких случаях полезно знать о том, что в слуховом ощущении время реверберации — вещь относительная, и что в некоторых пределах одно и то же пространственное впечатление сохраняется при снижении времени реверберации с одновременным увеличением уровня диффузного звука (или наоборот, — вспомним понятие об эквивалентной реверберации).

А если реверберационный сигнал вредит гармонической музыкальной структуре, функциональным сменам, то, учитывая экспоненциальный характер акустического затухания и величину маскировки предшествующих отзвуков последующими прямыми сигналами порядка 14–20 дБ, можно рекомендовать выбор максимального времени реверберации для музыкальных программ не более $\approx 3t$, где t — временной интервал между гармоническими изменениями или чередующимися звуками, которым претит большое акустическое *legato*.

То же самое следует сказать о музыкальных деталях ритмических структур, чёткость которых от реверберирования может пострадать. Нельзя забывать и о том, что чрезмерная реверберация заметно уменьшает контрастность динамических оттенков.

Особое внимание нужно уделить методам формирования входных сигналов для устройств искусственной реверберации в стереофоническом использовании.

Казалось бы, априорным способом можно считать подачу на вход реверберирующего прибора суммарного сигнала фонографи-

ческой программы, полагая, по аналогии, что в естественных условиях все звуковые источники одинаково возбуждают акустический объем. Но, к сожалению, это справедливо лишь со статистической точки зрения. Акустическая же динамика в реальных помещениях весьма гибко следует законам направленности излучения отдельных источников или их групп. На формирование как ранних, так и слитных отзвуков влияет взаиморасположение источников, временные сдвиги отдельных звуковых атак по отношению к предыдущим стадиям реверберационного процесса и т.п. Многое из этого определяет еще и стереометрию диффузной картины.

Увы! Происходящее в электрических цепях не бывает адекватно натуральной акустике закрытых помещений, где *все параметры подчинены огромному количеству естественных взаимосвязей*. Отсюда — пространственный дисбаланс, усугубляющийся еще и тем, что подавляющее большинство стереофонических устройств искусственной реверберации имеют один вход возбуждения и псевдостереопару на выходе.

В этих случаях необходимо организовать такую коммутацию входных и выходных сигналов, чтобы тенденции азимутального изображения в искусственной реверберационной картине были подобны стереофонической панораме прямых звуков. Иначе для виртуальных фонографических объектов, расположенных у какого-либо края стереобазы диффузные сигналы будут ими же замаскированы, а отзвуки от этих объектов воспримутся преимущественно с противоположного направления. Чтобы этого не происходило, целесообразно использовать два ревербератора (см. иллюстрацию 5-22).

Разумеется, реверберационные параметры и уровни передачи для обоих приборов должны быть идентичными. Ширина левой и правой половин диффузного изображения устанавливается панорамными регуляторами по правилам, существующим для квази-объектов вообще. Необходимо только следить за тем, чтобы центральная часть картины не выделялась в особую зону преобладания или, наоборот, недостаточности общеакустического рисунка.

В конструкциях профессиональных высококачественных устройств (например, в цифровом ревербераторе «*Lexicon-480*»), имеющих стереофоническую входную коммутацию, все вышеизложенные обстоятельства учтены.

Пространственный дисбаланс может быть устранен путем дополнительной избирательной подачи на вход ревербератора

сигналов тех квазиисточников, доля которых в диффузной картине оказывается недостаточной.

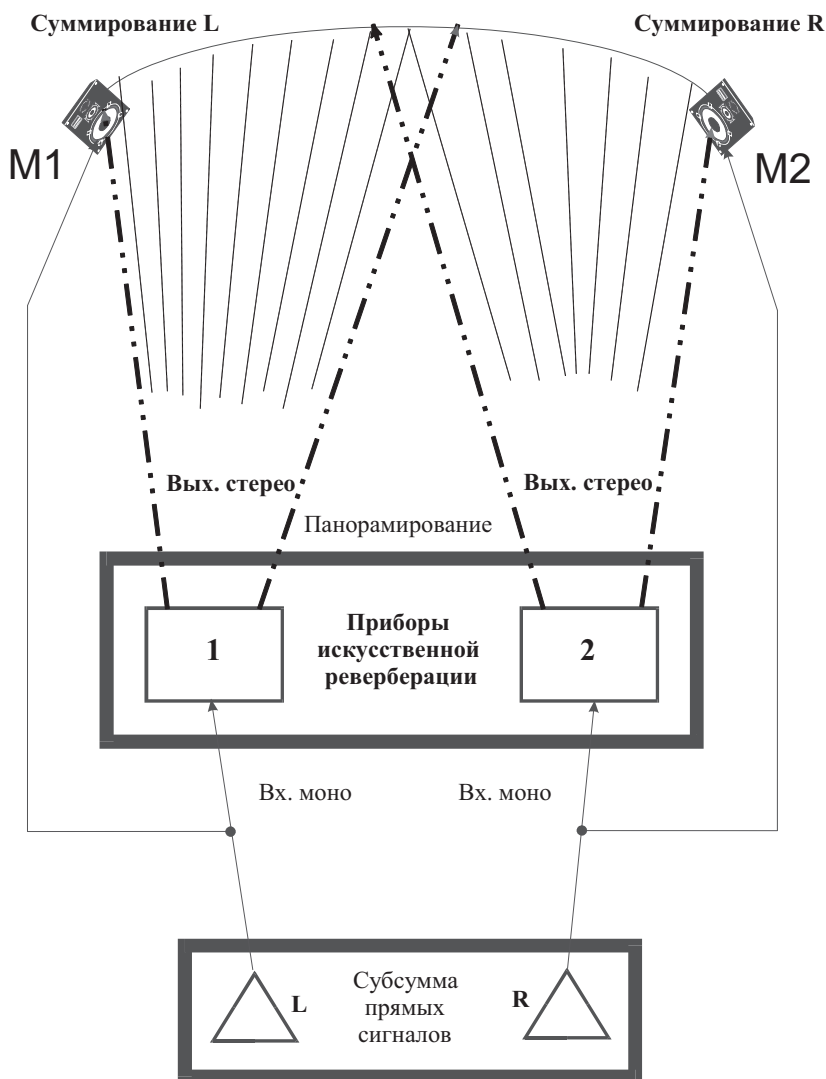


Иллюстрация 5-22

Суммарный же уровень общеакустических компонент, как при использовании естественной акустики, так и в случае искусственной реверберации не должен превышать величины, достаточной

для ее убедительного ощущения. В противном случае фонографический рисунок будет «замутнен» излишней звуковой диффузией, потеряет пространственную и динамическую рельефность, тембральную дифференцированность. Исключения составляют лишь случаи нарочитой, драматургически обоснованной пространственной гипертрофии, связанной, как правило, с изложением больших удалений (с формальной позиции — геометрического, а с образной — и временного характера).

Слуховой оценкой недостаточности акустической атмосферы в звуковой картине часто является ощущение громкоговорителей как собственно источников звука. Нет нужды пояснять, насколько в этом случае восприятие фонографии станет непрогнозируемо зависимым от качества электроакустических систем воспроизведения и диффузной окраски, вносимой помещением, где происходит прослушивание.

А наличие убедительной акустической картины, созданной звукорежиссером, переводит восприятие в другую сферу, и влияние звуковоспроизводящей аппаратуры будет ощущаться уже только на техническом, но отнюдь не на эстетическом уровне.

Что касается реализации диффузных признаков удаленности, то достаточно использовать лишь ту долю акустической окраски, которая, собственно, и является одним из признаков звукового плана (см. выше), пусть она и не дает **полного** представления об общей акустической обстановке, где развивается музыкальное или драматическое действие. Однако, поскольку эта доля входит в общий состав диффузных сигналов звуковой картины, то целесообразно и все вопросы акустической окраски решать в комплексе.

Так же, как и в предыдущей части, рассмотрим, с определенными вариациями, два основных способа получения диффузной окраски — микрофонный (естественно-акустический) и искусственный (с использованием электроакустических приборов).

Первый из них связан с расположением микрофона на таком расстоянии от источника, при котором акустическое отношение в получаемом сигнале приводит к соответствующему плановому впечатлению (удаленности квазиобъекта). Как правило, одновременно удовлетворяются задачи по формированию спектральных признаков удаленности, причем последние коррелируются с диффузными параметрами настолько естественным образом, что

подобное далеко не всегда может быть получено искусственной фильтрацией с помощью простых электроакустических звеньев пульта.

Монофоническая практика, где задачи по реализации удаленности и общей акустической обстановки решались без сложного учета многих коррелятов, ставших актуальными в стереофонии, тем более в многоканальных системах пространственной звукопередачи, предложила ряд эмпирических формул для определения расстояния между источником и микрофоном как функции отношения объема тонателье к стандартному времени реверберации в нем. Достаточно было задать необходимое акустическое отношение, соответственно желаемому плановому впечатлению, и можно было вычислить дистанцию между микрофоном и источником звука.

Но закономерности, существующие в пространственном звукоизложении и слуховом восприятии, а также фонографические исследования последнего времени поставили под сомнение если не бесспорность, то, во всяком случае, универсальность этих формул. Приведу несколько аргументов.

Если позволительно говорить о «большой удаленности» в пределах маленькой комнатки (в фонографии такое встречается), или огромного зала, то ясно, что в обоих случаях расстояния между звучащим объектом и слушателем (микрофоном) будут отличаться во много раз. Казалось бы, математическое определение этих расстояний возможно. Но ведь невозможен формальный учет того, что в слуховой оценке удаленности играют роль признаки не только физического, но и психологического характера.

Это — *соизмерение впечатлений*, полученных как от широтно-дистанционных (геометрических) и тембральных коррелятов, так и от общеакустических свойств пространства.

А как формально ответить на вопрос, тождественны ли в размерном отношении одинаковые звуковые планы (суть ощущения удаленности), например, солирующей скрипки и большого симфонического оркестра? Априорно, что для получения одного и того же планового впечатления большие предметы требуют бóльших удаленностей.

Кроме того, существуют музыкальные инструменты, затухание звучания которых, особенно в *pianissimo*, ассоциируются у слушателя со спадом реверберационного процесса (например,

челеста, вибрафон, рояль). Поэтому их звукоизобразительные планы при прочих равных условиях кажутся более удаленными.

На ощущение плановых взаимоположений в фонографии большое влияние оказывают соотношения характеристик направленности источников и микрофонов, формальный учет которых приводит к настолько сложному математическому аппарату, что его использование для определения необходимых расстояний оказывается просто нецелесообразным.

Тем не менее на практике, особенно у начинающих, возникает желание хотя бы ориентировочного расчета дистанции между микрофоном и источником исходя из необходимого акустического отношения. Что ж, можно пользоваться приведенными ниже рассуждениями и формулами, но с известной осторожностью, доверяясь в итоге не столько вычислениям, сколько слуховой оценке удаленности. К математическим результатам следует относиться всего лишь как к данным, от которых нужно отталкиваться.

Варианты сверхкрупного и дальнего планов не вызывают проблем. В первом случае микрофон располагается настолько близко к источнику или его части, насколько позволяет угол охвата характеристики направленности (зона эффективного приема) при полноценной звукопередаче сбалансированного акустического спектра прямых сигналов. Далее, нужно позаботиться о том, чтобы микрофон как можно лучше был изолирован от диффузных звуковых волн. И наоборот, в случае дальнего плана прямые сигналы вообще не должны попадать в микрофон, поэтому его целесообразно использовать в режиме направленного приема, ориентируя к источнику тыльной стороной.

Граничной областью между зонами дальнего и общего планов является та, где прямые звуки едва прослушиваются, значительно маскируясь диффузными. Если принять среднестатистический порог взаимной маскировки для широкополосных звуков равным 20 дБ, то пользуясь известными формулами архитектурной акустики, можно установить, на каком расстоянии от источника приблизительно находится эта область :

$$R_{д.} \approx 0,2 \sqrt{V/T},$$

где $R_{д.}$ — расстояние в метрах между микрофоном и источником при изложении в общем плане, V — объем тонателье в куб.м., и T (сек.) — стандартное время реверберации.

Рассуждая аналогично, можно установить границу области крупноплановой звукопередачи, ближе которой начинается, также приблизительно, зона сверхкрупного плана:

$$R_{кр.} \approx 0,02 \sqrt{V/T}$$

Расчет R_d и $R_{кр.}$ справедлив для ненаправленных микрофонов. В иных случаях полученные результаты необходимо умножить на величину $K = \sqrt{Q}$, где Q — коэффициент направленности микрофона. Для кардиоидной характеристики $K = 1,7$; для суперкардиоиды $K = 1,9$ и для гиперкардиоиды — $K = 2$.

Практическое определение объема помещения V и времени реверберации T в нем несложно и вполне годится для приблизительных расчетов. В большинстве случаев эти величины известны звукорежиссеру заранее.

К сожалению, диффузный признак удаленности, полученный с использованием приведенных формул, далеко не всегда совпадает со слуховым ожиданием, тем более, что слушательское впечатление сильно подвержено влиянию психоакустической адаптации и различного рода ассоциаций. Как правило, расстояние R_d приходится уменьшать, особенно в случае одиночных источников малых размеров, а $R_{кр.}$ — увеличивать, если источники, имеющие большую протяженность, не попадают целиком в поле микрофонного приема.

Иногда удается получить удовлетворительные результаты применением стереомикрофонной пары согласно иллюстрации 5-20, когда у слушателя, при сопоставлении сигналов микрофона M_d , дающих общеатмосферное представление и микрофона M_o , «смотрящего вперед», возникает плановое впечатление, близкое к естественному.

Если расчет расстояния $R_{кр.}$ требует настолько малой дистанции, что источник «не помещается в поле зрения направленного микрофона» (это бывает в гулких помещениях небольшого объема при акустических объектах большого размера), то результат вычисления несет в себе досадную подсказку:

**В ЭТОМ ЗАЛЕ КРУПНОПЛАНОВАЯ ЗАПИСЬ ДАННОГО
ИСТОЧНИКА ПРОСТЫМ МИКРОФОННЫМ СПОСОБОМ —
НЕВОЗМОЖНА!**

И тогда приходится увеличивать $R_{кр.}$ до величины, продиктованной углом микрофонного охвата, изолировать микрофон от диффузных звуков, а для формирования плана использовать приборы искусственной реверберации.

Среднее геометрическое между $R_{д.}$ и $R_{кр.}$ соответствует при близительному центру области расположения ненаправленного микрофона для звукоизложения в среднем плане:

$$R_{ср.} \approx 0,06 \sqrt{V/T}$$

Нужно заметить, что эта область является наиболее неопределенной в смысле степени удаленности. Ощущения именно среднего акустического плана в максимальной степени зависят от всех вышеуказанных обстоятельств как объективного, так и субъективного характера. Поэтому слушательские впечатления обязательно нужно уточнять одновременным изложением общей акустической обстановки, координирующей восприятие удаленности (см. § 5-7).

Поскольку, как уже говорилось, диффузный сигнал для целей планового изложения не является в полной мере сигналом общеакустического характера, то можно подбирать для него такие параметры реверберационной программы, которые ещё не складываются в полноценный комплекс имитации акустического процесса в помещении. При этом вполне достаточно, например, только картины ранних отражений без последующего реверберационного развития, или даже однократной задержки, вызывающей в совокупности с прямым сигналом впечатление некоторой удаленности. Величины временных сдвигов (разумеется, в пределах слитного восприятия) ассоциируются с кажущимися геометрическими дистанциями, то есть со степенью удаленности.

Интересные результаты дают для этой цели программы прерывающейся реверберации (**REVERB GATE**), действующей только до тех пор, пока существует входной (прямой) сигнал. Взаимная коррелированность всех параметров приводит к наиболее естественным ощущениям различных планов, а отсутствие так называемых «реверберационных хвостов» обеспечивает принадлежность формируемой диффузной окраски к звуковой природе собственно квазиисточника, воспринимаемого за счет этого дальше (глубже) аудиомониторной плоскости. Основными варьируемыми параметрами в таких программах являются размеры имитируемых пространств, соответственно степени удаленности в ее ощущении

(*room size*) и так называемая «*живость*» помещения (*liveness*), связанная косвенно с показателем степени экспоненциального затухания, то есть со временем реверберации.

Что касается времени начальной задержки программного процесса, то его целесообразно минимизировать, чтобы создаваемая диффузная окраска как можно теснее коррелировалась с прямыми сигналами квазиобъекта.

§ 5-7. Понятие об акустическом ключе

Ощущение того или иного плана звукового изложения — вещь слишком относительная, чтобы о ней можно было бы рассуждать с конкретными рекомендациями. Говорить о крупном или среднем плане, в котором слушатель «видит» квазиобъект можно, пожалуй, лишь только тогда, когда одновременно звучат ещё какие-то фонографические голоса с их очевидными признаками удалённости. А если речь идёт о *solo*?

Как говорилось выше, точное впечатление об относительных размерах и удалённости виртуального источника звука может быть получено только тогда, когда слушатель **соизмеряет их с акустической информацией о пространстве**, где происходит звуковое действие. Более того: в этом случае и все азимутальные ощущения становятся значительно естественнее, в отличие от псевдостереофонических вариантов с их вульгарными «правыми» или «левыми» направлениями. Следовательно, передача акустической обстановки, кроме эстетических причин, имеет ещё и чисто служебную обусловленность, особенно в звуковых картинах, относящихся к тонким музыкальным стилям.

Вопрос о звукопередаче *solo* становится особенно актуальным, если электроакустическая технология диктует по тем или иным причинам раздельную, во времени, запись различных компонент звуковой программы на многодорожечный носитель с последующей перезаписью (сведением), а художественная задача требует реализации максимального по своей достоверности единства места.

На помощь приходит аналогия одного из изобразительных искусств — кино, где специфические условия съёмки фрагментов небольшой по продолжительности сцены «растягивают» производственный процесс порой на много дней. У кинооператоров

существует понятие **яркостного ключа** (в случае цветного изображения, ещё и **колористического ключа**). Вкратце: при разделённых во времени съёмках кинофильма необходимо соблюдать не только постоянство яркости и колористики лиц героев сцены, но и постоянство **соотношения** яркости и цветности людей и фона (декоративного или натурального).

Само по себе, это свидетельствует об изложении фона как одного из признаков единства места. В случае фонографической передачи без многодорожечной технологии, при одновременном музицировании и стереофоническом микрофонном приёме акустических сигналов общего плана, а также локальных сигналов, относящихся к конкретным звуковым объектам, звукорежиссёр в тех или иных пропорциях «рисует» данный музыкальный голос в его отношении к этому общему изображению, и проблемы, как правило, не возникают. Но когда звукозапись ведётся сепаратно для каждого источника, то в подавляющем большинстве случаев используются только локальные микрофоны (микрофон), а создание акустической общности доверяется последующему сведению с применением устройств искусственной реверберации, которые, в отличие от естественных акустических пространств, проявляют себя по-разному, — в зависимости от частотного и временного спектров входных сигналов, характера атак, т. п.

В итоге — единство места как художественная категория не реализуется.

Если рассмотреть процесс микрофонного приёма при одновременной звукопередаче, то становится ясно, что сигналы всего звучащего ансамбля акустически суммируются в точке установки общего микрофона, и таким образом обеспечивается совокупная звуковая картина, включающая в себя ещё и диффузную информацию, суть акустическую атмосферу, также сложенную из реверберационных отзвуков частичных голосов. Резонно предположить (и практика это подтверждает), что такое суммирование может быть сделано чисто электрическим путём, если только каждое из слагаемых представит собою звуковое изображение отдельного объекта, акустически помещённое в диффузное поле, «снятое» общим стереомикрофоном, ориентированным **постоянно** по отношению к границам передаваемого пространства, и это правило будет соблюдено для всех частичных компонент, записываемых порознь. Расположение каждого отдельного объекта в виртуальной

стереофонической картине будет находиться в естественном соответствии с положением источника по отношению к этому общему микрофону, как по азимуту, так и по глубине, а звуковая конкретизация, производимая за счёт локального микрофона, выполняется в том же виде, что и в случае одновременной записи.

Звуковое изображение общей диффузной акустики с её характерными для конкретной фонографии признаками (временным и частотным спектром, кажущимся объёмом, т. д.), мы будем именовать акустическим ключом.

Сказанное иллюстрируется серией рисунков. Предположим, необходимо записать вокалиста в ансамбле с инструментальным дуэтом, при непрременном изложении акустического единства, но сложная динамика, ансамблевые проблемы, технологическая непривычность или просто организационная невозможность препятствуют желательному одновременному музицированию (иллюстрация 5-23).

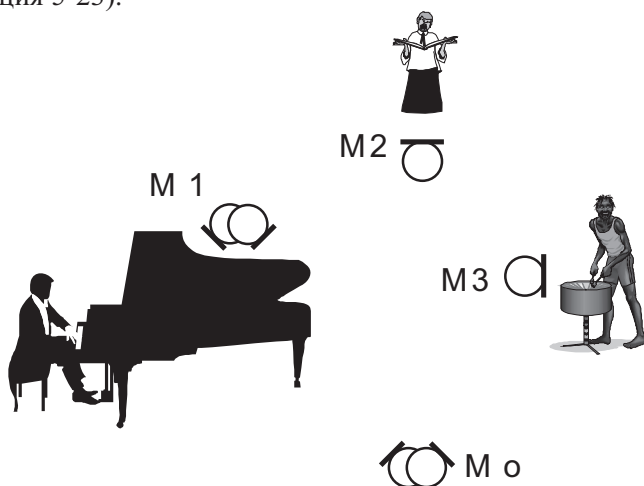


Иллюстрация 5-23

Если музыкальный материал позволяет вести запись путём последовательных наложений, то она выполняется в три стадии, соответственно иллюстрациям 5-24, 5-25 и 5-26:

Разумеется, все частичные записи должны производиться полностью стереофоническими трактами. После выполнения перезаписи (сведения), в ходе которой устанавливаются оптимальные громкостные пропорции, получится виртуальная звуковая

картина, вполне подобная той, что могла бы быть акустически «за-
протоколирована» при возможном одновременном музицировании
(иллюстрация 5-27).

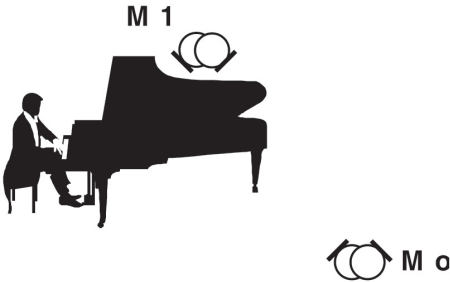


Иллюстрация 5-24



Иллюстрация 5-25



Иллюстрация 5-26



Иллюстрация 5-27

В заключение хочется указать еще на одну эстетическую сторону планово-диффузной и общеакустической обработки как отдельных фонографических образов, так и картины в целом. Изобилующие звуковыми отражениями, эти приемы насыщают фонографию яркими бликами, способствуют акустическому моделированию подобно тому, как выполняет объемную лепку светотень в изобразительных искусствах.

Не следует, конечно, превращать средство в цель, замутняя фонографическое изображение чрезмерными звуковыми рефлексам, неоправданно коверкая спектры звуков. Любую идею можно опорочить, доведя ее до абсурда.

Но не будем же впадать и в другую крайность — в отсутствие акустического света, выхолащивание и вырождение омертвленно-го набора «электроакустических компонент» в плоскую нагроможденность звуковых пятен!

Глава 6

ФОНОКОЛОРИСТИКА

Что такое тембр? Самое простое его определение, поясняющее тембр как **окраску звучания**, свойственную тому или иному голосу, инструменту, наверное, вполне употребимо в учебниках по элементарной теории музыки. Но стоит приоткрыть границы этой скупой формулировки, как хлынет такой поток эпитетов, что одно их перечисление с комментариями будет достойно отдельного издания. Чего только не встретишь здесь: от сублично-нежных флейт и инфернальных скрипок с сурдинами до рвущейся материи в *fff* валторн и, казалось бы, совсем уж не музыкальной характеристики — «агрессивность» — у электрогитар с искажителями. А сколько оттенков несут в себе тембральные контрасты, чередования, сопоставления, смешивания! Иной раз никакие вербальные определения не способны описать неожиданное качество, открывающееся в унисонном ансамбле разнородных по своей акустической природе музыкальных голосов.

Впрочем, оставим музыковедам сей благородный труд по анализу тембральной эстетики. В фонографии более актуальным является то, как передать, усилить или, если нужно, нивелировать натуральные звуковые цвета, в которые окрашены источники. Но это — только одна из задач. Современная электроакустическая палитра предоставляет звукорежиссёрам обилие устройств обработки микрофонных или линейных сигналов для придания звуку совершенно новых качеств, не имеющих подобий в естественном музицировании. Применение этих средств тоже требует подробного описания.

Мы рассмотрим следующие вопросы:

- Натуральные тембры, тембральные привнесения.
- Взаимосвязь сигнальных спектров с тембральной окраской.
- Временные (реверберационные) влияния на тембр.
- Электрическая коррекция естественных тембров.
- Искусственная тембральная окраска.
- Специфическая обработка звуковых сигналов.

- Фонографическое изложение тембров. Слияние, контрасты, спектральные проекции.

Пусть читатель простит некоторые реминисценции, связанные с главами «**МИКРОФОННЫЙ ПРИЁМ АКУСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**» и «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**». Слишком тесны взаимосвязи всех разделов нашей профессии, чтобы даже теоретический анализ любого вопроса мог быть сепаратным.

§ 6-1. Естественные тембры источников звука.

Тембр и спектр

Сразу же условимся, что под естественным тембром мы будем понимать те характерные колористические признаки музыкального инструмента или человеческого голоса, которые своим существованием обязаны только собственной *акустической природе источника*, независимо от наличия или отсутствия диффузной (реверберационной) окраски. Так, например, шипение рассекаемой лабиальным духовым инструментом струи воздуха или слуховое ощущение канифоли на скрипичном смычке — это объективные специфические тембральные компоненты.

Тембр часто ассоциируют со *спектром* сигнала. Напомним, что это понятие означает то или иное множество простых (тональных) колебаний, которые в своей совокупности образуют сложный акустический или электроакустический продукт (иллюстрация 6-1). Соответственно, ведётся речь о *частотных компонентах* спектра, и о *спектральной плотности*, то есть количестве частотных компонент, приходящихся на тот или иной участок спектра.

Существуют попытки с помощью аппаратных средств, дающих изображение огибающей спектральной плотности (интеграла Фурье) принимать решения по коррекции звучания. Однако, тщетно искать строгие закономерные соответствия между слуховыми впечатлениями и картинкой на экране спектроанализатора, не учитывая влияния временнуй нестационарности звуков. Исключения могут составлять разве что характерные признаки вида спектрограммы в областях существования формантных темброобразования (см. ниже).

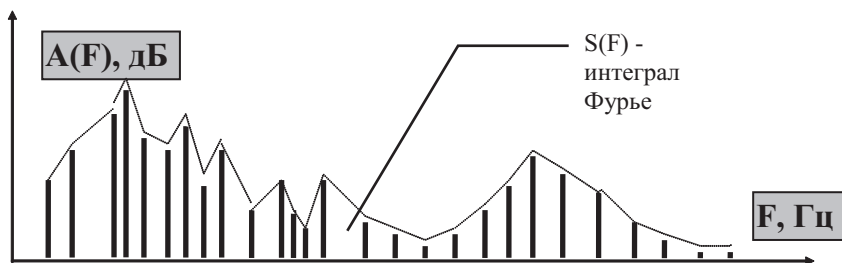


Иллюстрация 6-1

Устройство музыкального инструмента и принципиальный способ звукоизвлечения характеризуют его *априорный* натуральный тембр. Удар молоточка по струнам фортепиано, щипок у арфы, резонанс воздушного столба в объеме мензуры или её части у духового инструмента, периодический отрыв струны от смычка и последующее их сцепление, — всё это определяет те тембральные качества, что позволяют слушателю уверенно отличать, скажем, тромбон от виолончели, независимо от сходных регистров, реверберационной окраски, частных особенностей конструкции и индивидуальной тонкости исполнителей.

Средоточием тембральной идентификации является атака звука. Не нужно обладать богатым воображением, чтобы представить себе, насколько неразличимыми могут быть, предположим, трезвучия, сыгранные в одном случае флейтами, а в другом — на органе (в том же регистре и обращении, и при равной диффузной окраске), если мысленно «отсечь» звуковую атаку. Можно привести подобные примеры, сравнивая даже музыкальные инструменты, совершенно разнородные по своей акустической природе. Так, протяженные одноголосные звуки малой октавы рояля (не ниже *ре*) могут восприниматься, если абстрагироваться от атаки, как аналогичные звуки кларнета (без *vibrato*).

Казалось бы, к чему эта софистика? Ведь, по логике вещей, атака звука существует, как объективная реальность, и никто не собирается от неё избавляться. Но в том-то и дело, что при определенных условиях микрофонного приёма либо электроакустической обработки атака может быть сильно нивелирована, а в совокупном звучании ансамбля или оркестра тем более замаскирована, отчего априорный тембр утратит свою индивидуальную принадлежность. Или же, наоборот, искусственная гипертрофия

звуковой атаки превратит в *solo* голос, который должен быть лишь составной частью гомофонной структуры.

С точки зрения спектрального состава электроакустического сигнала к атаке звука следует относиться как к импульсной составляющей с той или иной длительностью переднего фронта. Из радиоэлектроники известно: чем быстрее нарастает импульс, тем дальше простирается его спектр в высокочастотную область. Аналогичные закономерности наблюдаются и в психоакустике: яркие атаки звуков всегда ассоциируются у слушателей с высокочастотными спектральными компонентами. Следовательно, в фонографической практике полноценная передача атаки звукоизвлечения, особенно у ударных инструментов (в том числе и фортепиано) возможна только при отсутствии потерь сигнала на высоких частотах. Соответственно, любые, в том числе и искусственные колористические подчёркивания в этой спектральной зоне приведут к усиленному слуховому ощущению звуковых атак. Так может быть создано впечатление исполнительской активности, хотя далеко не все музыкальные и фонографические жанры располагают к такой искусственной подмене; естественные проявления всегда лучше.

Несколько меньшего внимания к высокочастотной области спектра требуют атаки духовых и смычковых струнных инструментов, разве что если речь не идёт о *sforzando* или акцентах иного рода. Однако, это вовсе не означает, что у данных источников можно вообще игнорировать высокочастотные спектральные компоненты. Они несут другую важную колористическую нагрузку, о чём будет сказано ниже.

Большое влияние на априорный тембр музыкальных инструментов, особенно щипковых и ударных струнных, а также настраиваемых или неинтонирующих ударных оказывает ещё и затухание звука. Его процесс обладает такой яркой характерной зависимостью от акустического механизма, что по этой стадии даже ухо нетренированного слушателя легко отличит инструменты одного семейства от другого.

Но если попытаться взглянуть на процесс затухания с точки зрения практического спектрального анализа, то одна только картина фазовой динамики частотных компонент при затухании, к примеру, аккорда рояля или гитары даст понять, насколько неадекватными могут быть слуховые ощущения тембра и, казалось бы, объективные, индикации.

Заметим, что все естественные акустические явления характеризуются незначительными флуктуациями, то есть отклонениями от закономерного течения того или иного процесса (см. иллюстрацию 6-2). Сказанное в полной мере относится, в частности, к затуханию звука. Разумеется, редкий прибор покажет наличие этих флуктуаций, хотя, в огромном ряду других причин, именно они, едва обнаруживаемые человеческим слухом, создают тонкое ощущение тембрального отличия натуральных звучаний от синтезированных.

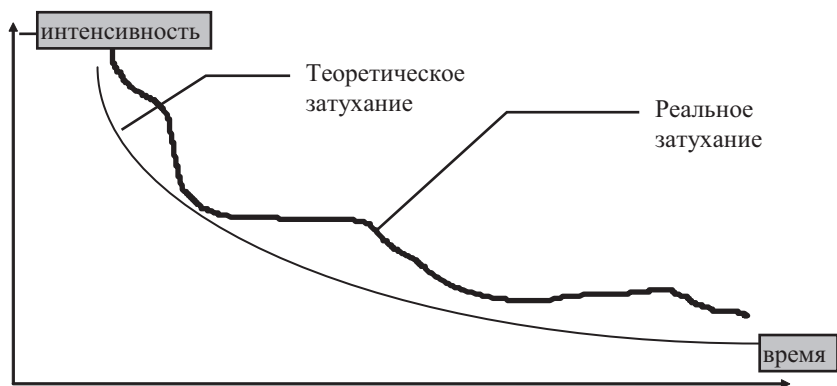


Иллюстрация 6-2

Кроме атаки и затухания, огромную роль в темброобразовании играют так называемые **форманты**. Это — спектральные компоненты или более-менее явно выраженные спектральные области, обязанные своей природой наличию в конструкции инструментов (в анатомии певцов) тех или иных акустических резонаторов.

Различают одноформантные и многоформантные музыкальные инструменты и человеческие голоса. Локальные анатомические или сконструированные резонаторы источников звука, в зависимости от их **акустической добротности** генерируют спектральную полосу той или иной ширины, иногда близкую к тону, который по своим амплитудным свойствам тесно коррелирован с порождающим его основным сигналом. В акустическом обиходе, применительно к певческим формантам существует даже такое понятие, как «артикулирующий синус».

Многие эксперты-акустики считают, что форманты сообщают звучанию так называемую **полётность**. Такая оценка в особенности справедлива по отношению к высокочастотным или, как их

называют, верхним формантам, расположенным, в основном, в той части спектра, где чувствительность слуха повышена, следовательно, усиливается восприятие источника, будь он даже значительно удалён. Отсюда, наверное, и произошёл этот ассоциативный термин: звук «летит» на большое расстояние.

Впрочем, будем осторожны с терминологическим разбором. Слово «полётность» можно встретить и применительно к певческому или инструментальному *vibrato*, и применительно к реверберационной картине. В данном контексте оно также уместно, не более.

Если лежащие за спектральными пределами основных звуков высокочастотные форманты, промодулированные главными тонами, создают колористическую энергичность, то низкочастотные, аналогичные по своей природе, но расположенные в той же части спектра, где ещё существуют колебания основных тонов, соединяются с последними сложным образом, уплотняя спектр в среднечастотной зоне, и частично «переноса» его, за счёт биений, как в спектральную зону, лежащую приблизительно вдвое выше частоты нижней форманты, так и чуть ли не в инфразвуковую область. Этот перенос происходит при любых нелинейностях: тракта ли звукопередачи, свойств реверберирующего помещения или субъективной нелинейности человеческого слуха.

Когда говорят о низкочастотных формантах, то имеются в виду не только они сами, как спектральные компоненты, а результат указанной интермодуляции, сообщающей звучанию мягкость, теплоту, тембральную объёмность.

Множественными формантными зонами обладают струнные инструменты со сложной геометрией дек и корпусов. Кроме формант, частоты которых совершенно не зависят от высоты извлекаемого звука (они называются *негармоническими*), у них существуют ещё так называемые *гармонические* форманты, физика которых в простейшем рассмотрении объясняется наличием широких квазирезонансных областей, возбуждающихся от высших гармоник колеблющихся струн или других генераторов звука. Гармонические форманты обуславливают постоянство *относительного обертонового* состава акустического спектра при извлечении звуков разной высоты.

С точки зрения тембральных впечатлений негармонические форманты, например, у струнных смычковых инструментов или вокалистов, обеспечивают константное окрашивание звука в одних

и тех же спектральных зонах, сообщают звуку колористическую индивидуальность, хотя внимательное прослушивание позволяет заметить некоторую *тембровую динамику* самих формант в зависимости от высотного регистра.

Напротив, гармонические форманты, например, у роялей или хороших концертных гитар, поддерживают неизменным общий тембральный характер звучания, колористическую однородность музыкального инструмента, дополняя действие негармонических формант.

Человеческий голосовой аппарат обладает ещё способностью перестраивать параметры анатомических резонаторов для формирования различных гласных звуков. С колористической точки зрения эти нестационарные форманты, лежащие в низкочастотной области аналогичны вышеуказанным низкочастотным негармоническим. И, кроме эпической функции, они существенно обогащают и индивидуализируют тембр.

Тембр большинства духовых инструментов напрямую связан с анатомическими особенностями исполнителей. Звучание приобретает дополнительную окраску формантного свойства из-за акустического подключения резонансных полостей играющего, как это происходило бы, если бы он пел.

Резюмируя, отметим, что наличие в сигнальном спектре, наблюдаемом в течение большого промежутка времени, частотных зон, «изломанных» хоть немного в сравнении с соседними, иными словами, нарушающих монотонность огибающей спектральной плотности, в той или иной степени соответствует наличию звуковой окраски. И наоборот, устранение этих экстремумов приводит к обесцвечиванию звука, нивелированию тембра.

Занимаясь практическим спектроанализом, высокочастотные формантные области следует искать, как правило, за верхними пределами инструментальных или вокальных диапазонов, а низкочастотные — в тех участках спектра, где, как было сказано выше, проявляется их действие (см. ориентировочные списки ниже).

Дисплеи спектроанализаторов отчётливо показывают, какие области отвечают основным тонам музыкальных инструментов и их гармоникам, а какие соответствуют формантным образованиям. Первые выглядят резко выраженными экстремумами, чаще всего одиночными, тогда как вторые представляют собой то или иное число изломов спектральной характеристики, незначительно

отличающихся по величине от соседних плавно изогнутых, а то и вовсе монотонных участков. Это иллюстрируется нижеприведенными статистическими спектрограммами звуков кларнета, фагота и виолончели. Кружками отмечены зоны основных тонов, а треугольниками — области формант, актуальных с точки зрения их восприятия.

Данные о формантах музыкальных инструментов и певческих голосов можно без труда отыскать в литературе по музыкальной акустике. Приведу некоторые из них. Согласно исследованиям Германна-Гольдапа и Э. Мейера:

Форманты:

скрипок — 2800–4200 Гц, + 800–1000 Гц,

струнных альтов — 1800–2800 Гц, + 500–600 Гц,

виолончелей — ~1400 Гц, + 400–500 Гц.

поперечных флейт — 1400 Гц — 1760 Гц, (что особенно выявляется при извлечении звуков d второй октавы — cis третьей октавы).

кларнетов — 1400–2000 Гц.

гобоев — 1600–2000 Гц.

английских рожков — 1000–1300 Гц.

фаготов — 450–500 Гц.

контрафаготов — 200–250 Гц.

валторн — 465–1000 Гц.

тубы — 100–250 Гц.

у труб — широкая формантная область, соответствующая всему регистровому (нотируемому) диапазону, независимо от извлекаемых звуков (b — c4).

тромбонов — 465–590 Гц.

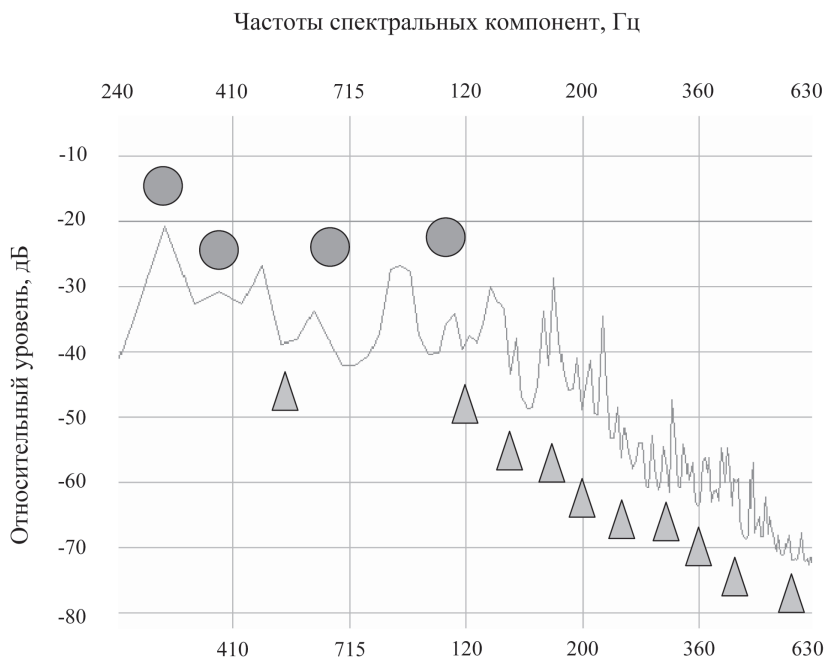
кастаньет — 2000 Гц и 6000 Гц.

большого оркестрового барабана ~ 50 Гц.

большого барабана ударной установки ≈ 80–100 Гц.

малого барабана — ≈ 700–1300 Hz.

Если возникает практическая задача выявить формантный состав в индивидуальном звучании музыкального инструмента, то это удаётся сделать путём мягкого простукивания корпуса в средней его части, лёгкого плоского удара ладонью по мундштуку, вдывания ртом направленной струи воздуха в отверстие эфы, и т. п. Акустической реакцией на подобные действия будут резонансные звуки, особенно очевидные в области низкочастотных формант.

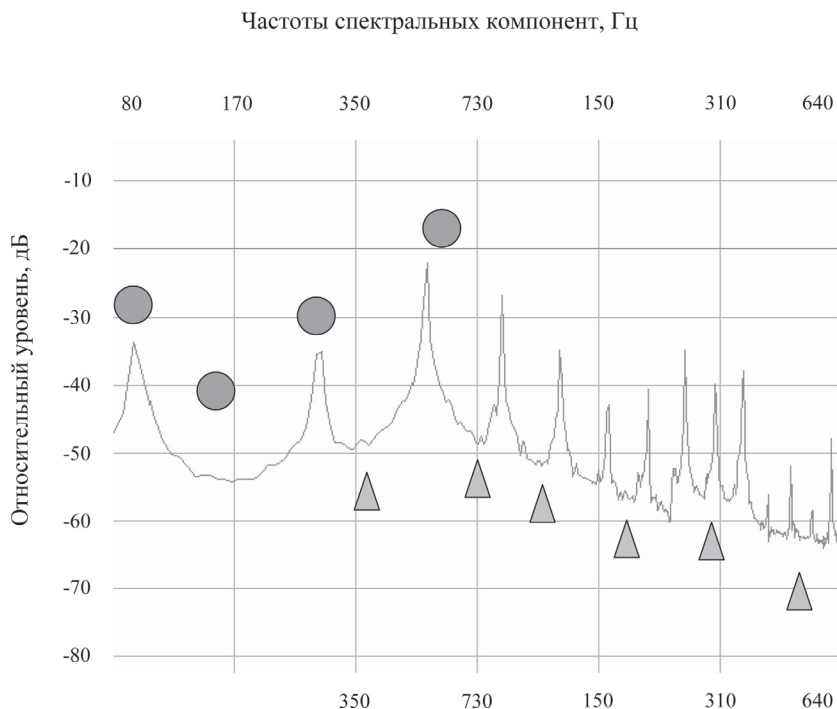


Среднестатистическая спектрограмма звуков кларнета

Рабочие диапазоны певческих голосов:

баса E – f1
баритона A – gis1
тенора c – c2
контральто f – g2
меццо-сопрано as – b2
сопрано c1 – c3
колоратурного сопрано c1 – e3

При этом нижняя певческая форманта (образующаяся за счёт резонанса глотки в сочетании с грудной полостью) лежит в диапазоне 400–500 Гц, а высокая певческая форманта (за счёт гайморовой пазухи, лобных пазух) — 2400–2800 Гц для мужских голосов и 3000–3500 Гц — для женских.



Среднестатистическая спектрограмма звуков фагота

Полость носоглотки является своего рода акустическим фильтром, *поглощающим* звуки, соответствующие её резонансной настройке (отсюда — гнусавость при закрытом носе, насморке).

Существуют, однако, акустические источники, вовсе не обладающие формантами. К ним можно отнести, например, музыкальные инструменты со слабой функцией деки, а также инструменты с отсутствующими дополнительными резонаторами, некоторые духовые, в частности, малые представители семейства лабиальных — сопрановая продольная флейта, флейта-пикколо, т. п. Их звуки кажутся бесцветными, хотя вовсе не «пустыми», ибо специфические краски, связанные с природой звукообразования сами собою компенсируют формантно-колористический пробел. Кроме того, как будет показано ниже, огромную роль в окраске звука, играют исполнительские приёмы (штрихи), чья актуальность при-

менительно к бесформанным музыкальным инструментам просто не оценима, поскольку «неживые ноты» могут привести к вырождению натурального акустического источника в бездушный звуковой генератор.



Среднестатистическая спектрограмма звуков виолончели

Возвращаясь к объективным спектральным составам электроакустических сигналов, примем, что всё, не входящее в область основных тонов, определяет, в совокупности, тембральную сторону звучания. Высшие гармоники и унтертоны, форманты и формантные образования, импульсные компоненты атак, пр. отражаются на экране анализатора спектра, показывая полный частотный диапазон, занимаемый звуковым источником. И лишь внутренняя часть этого диапазона, ограниченная предельными частотами музыкальных регистров источника, характеризует, по преимуществу, **звуковысотную** область. Соотношение интенсивностей указанных

спектральных зон и определяет либо колористическую насыщенность, либо обесцвечивание. Но, регулируя это соотношение, нельзя забывать, что обертоновые регистры спектров естественных акустических источников почти всегда значительно богаче унтертоновых, они легче воспринимаются слухом по причине неравномерности его частотной характеристики, и быстрее обнажаются, как только уменьшается маскирующее действие области основных тонов при её намеренной небольшой режекции (употребляемые для этой цели устройства носят название *«фильтров отсутствия»* — см. ниже).

Впрочем, в этом случае несколько ослабляются тембральные образования, связанные с действием нижних формант, коль скоро они попадают в корректируемую часть спектра. Поэтому манипуляции подобного рода могут дать двоякий эффект: с одной стороны, действительно открывается расцветка, а с другой, — возникает впечатление опустошённости, разжиженности, худосочности.

Но и легковесности, прозрачности, нежности, акварельности! Вот какое количество эстетических оттенков способна породить всего-навсего одна простейшая фоноколористическая обработка.

В этом аспекте, применительно к одному музыкальному инструменту, понятие *«прозрачность звучания»* приобретает более конкретный смысл, чем расплывчатые определения, относящиеся к данному выражению, когда речь идёт о звукопередаче или фонографии вообще. Здесь происходит именно *обнажение тембрального состава* звука, причём упомянутая фильтрация значительно облегчает усилительные возможности электронных звеньев (в частности, повышается ресурс перегрузочной способности канала передачи).

Указанные фоноколористические приёмы часто наблюдаются в записях гитар, особенно электрических, когда те исполняют ритмические партии в функциональном аккордовом изложении. Как правило, они занимают регистры в районе малой и первой октавы, (по звучанию), поэтому ослабление спектральной области на частотах приблизительно 300–500 Гц приводит к превалированию тембральной окраски, и в то же время к ощущению какой-то облегчённости, сути прозрачности.

Естественные призвуки, сопутствующие звукоизвлечению, также относятся к компонентам априорного тембра. В спектре сигнала они, в большинстве случаев, принадлежат высокочастотной области (шипение воздуха, шум трения смычка), и лишь иногда —

низкочастотной, как, к примеру, мягкие призвуки рояльных педалей, преимущественно, педали, отводящей демпферы от струн, реже — педали **una corda**. Существуют специфические призвуки, спектр которых подобен спектру основных звуков, и отличает их, в основном, низкий уровень громкости. Это, например, — характерный «второй» щипок у клавесина в момент снятия звука.

Перманентные шумовые компоненты тембров, например, шипение у флейт, предоставляют режиссёру огромный простор для окрашивания звука с помощью обычных полосовых звеньев резонансного или квазирезонансного типа (графических, параметрических фильтров, «фильтров присутствия», — см. ниже). Участвующие в процессе акустического формирования, такие шумы морфологически тесно связаны со звуком и не воспринимаются как что-то чужеродное. В то же время, обладая широким, почти сплошным спектральным составом, они эффективно обрабатываются перечисленными электронными устройствами, в результате чего получаются *колористические зоны, действующие на слух подобно естественным формантам*.

Кстати сказать, именно принцип родственности положен и в работу некоторых приборов для создания искусственных формант, где амплитуды узких, почти интонирующих шумовых полос, модулируемые каким-нибудь «бесцветным» источником, изоморфны его основным энергетическим колебаниям.

Стуки клапанов духовых инструментов, конечно, не следует относить к числу тембральных признаков, хотя их роль в слуховой идентификации музыкальных источников звука сомнения не вызывает.

Колористическое подчёркивание или нивелирование любых призвуков тесно связано с планом (крупностью) фонографического изложения, о чём подробно говорилось в главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**».

§ 6-2. Пространственно-акустические влияния на тембр естественных источников звука

До сих пор мы рассматривали тембральные качества источников звука, не говоря о той окраске, что создаётся акустическим полем помещения, в котором они располагаются. Между тем,

реверберационные процессы оказывают такое неотъемлемое влияние на звучание музыкальных инструментов, человеческих голосов и некоторых источников шума, что люди воспринимают тембральную смесь прямых и диффузных акустических волн почти как априорную категорию, точнее, условно априорную, ибо каждое помещение окрашивает звук своим неповторимым цветом.

Наиболее существенные воздействия реверберации приводят к следующему:

- изменяется временная структура акустических сигналов, характер атак и затуханий.
- изменяется спектральная характеристика звука, воспринимаемого слушателем, удалённым на такое расстояние от источника, когда интенсивности прямых и отражённых (диффузных) волн становятся соизмеримыми.
- сглаживается тембральная динамика, благодаря чему нивелируется колористическая пестрота, свойственная, к примеру, духовым музыкальным инструментам при переходе из нижних регистров в верхние или наоборот; подобная тембральная неоднородность бывает заметна в *solo* струнных инструментах при переходе с одной струны на другую.

Трансформация временных параметров вполне очевидна, ибо реверберационный процесс — явление инерционное, как в начальной, так и в конечной стадиях, следовательно, ощущаемые в диффузном акустическом поле атаки и затухания звуков кажутся более длительными. При этом необходимо учитывать психоакустические феномены, связанные в натуральных условиях с действием зрения, обостряющего избирательность слухового восприятия в направлении источника и способствующего лучшему различению атак. А при электроакустической звукопередаче, где собственно источниками звука становятся громкоговорители, воспроизводящие суммарные сигналы прямых и диффузных волн, действие реверберации может стать более непреодолимым, если слухозрение не активизируется (см. главу «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**»).

Сообщение о сглаживании тембральной пестроты тоже, вероятно, не требует особых доказательств; достаточно и здесь ссылки на инерционность диффузного звукового поля. А вот пункт об изменениях спектрального акустического состава нуждается в более подробных комментариях, так как существуют, по меньшей мере, три причины этих изменений.

Во-первых, в точке прослушивания или микрофонного приёма всегда действует текущая интерференция между звуковыми волнами, излучаемыми непосредственно источником, и волнами ранних, пока еще направленных отражений, благо они наиболее коррелированы. Это явление приводит к образованию почти гребенчатой характеристики, когда чередуются усиленные и ослабленные спектральные области, где могут быть сосредоточены, в частности, форманты музыкальных инструментов. Эффект особенно заметен в небольших, узких залах с хорошо отражающими поверхностями. Малые длины свободного пробега акустических волн, ничтожное поглощение в воздухе на стадии ранних рефлексов, — всё это способствует максимальному проявлению интерференционной картины.

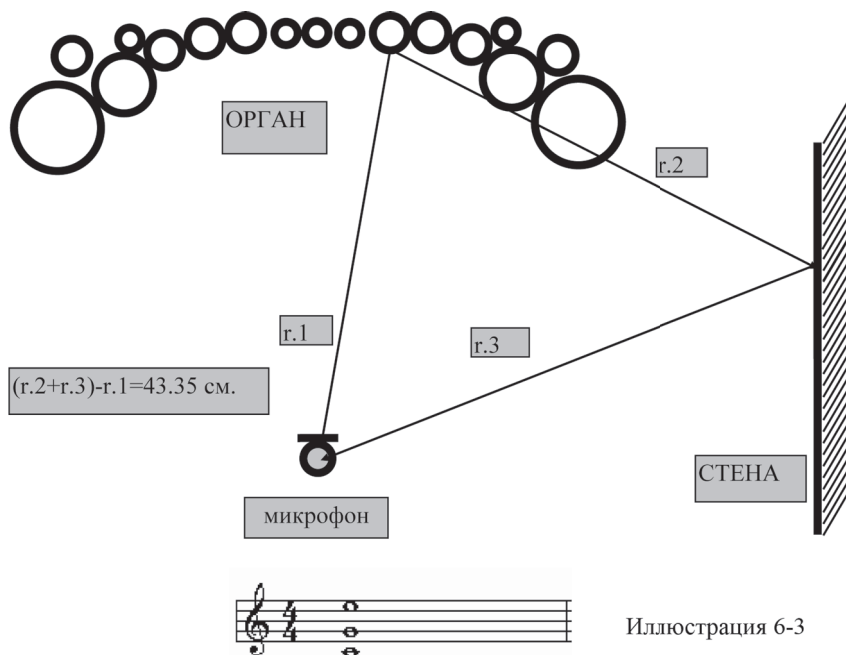
Надо сказать, что получаемая таким образом неравномерность спектра отражается не только на формантах. Запись органов с большим спектральным составом не только прекрасно иллюстрирует сказанное, но и являет примеры тому, как в результате незначительных перемещений микрофона можно даже выделять или ослаблять отдельные ноты в составе аккордов широкого расположения. Действительно, представим себе, что микрофон (для простоты — монофонический) расположен в точке, где разность хода волн приводит к интерференционному уменьшению звукового давления на частоте 392 Гц (звук *соль* первой октавы; длина волны излучения основного тона — 86,7 сантиметров) (иллюстрация 6-3).

Это означает, что, несмотря на равногромкое извлечение, второй звук аккорда будет тише соседних.

Но достаточно сместить микрофон приблизительно на 43 см. в направлении предполагаемого отражения или в сторону органичных труб, как громкостной баланс аккорда изменится в пользу звука *соль*.

Однако бояться этого явления не следует. Оно не слишком распространено, и существует, преимущественно, в залах с такой архитектурной акустикой, где локальные отражения преобладают над диффузными волнами, достаточно «перемешанными» в пространстве и времени. И потом, наличие описанного эффекта в какой-то области зала следует воспринимать как убедительный совет не использовать таковую для установки микрофона, если спонтанная неравномерность спектра претит естественному ожиданию.

Аналогичная ситуация наблюдается иногда при передаче фортепианной музыки, если приём ведётся одним монофоническим микрофоном, восприимчивым также к сигналам, отражённым от крышки рояля.



Но иногда интерференционное изменение уровня формантных или обертоновых спектральных зон успешно применяется в фоновых целях, причём результат оказывается гораздо натуральнее, нежели в случаях электрической коррекции. Для этого в разных точках зала, на сравнительно небольшом расстоянии от источника, где интерференция ещё актуальна, устанавливается несколько микрофонов, сигналы которых сравниваются друг с другом; таким способом выбирается оптимальный вариант.

Влияние интерференции снижается, если слушатель (микрофон) либо *значительно* приближается к источнику звука, что бывает ущербно в смысле эстетики восприятия, либо удаляется от него, насколько это возможно; в обоих случаях энергии прямых и отражённых волн становятся несоизмеримыми. Но большое удаление от источника, помимо возрастания акустического отношения,

приводит к увеличению двух других фоноколористических эффектов, связанных с диффузным звуковым полем.

На сей раз мы сталкиваемся уже с собственно реверберационной окраской. Действует не статистическая, а волновая составляющая акустической диффузии, когда в помещении возбуждаются колебания, не только совпадающие, но и очень близкие по частотам к тем или иным компонентам спектра сигнала источника. За счёт этого тембр уплотняется, становится сочнее и ярче. Качественные изменения катализируются ещё и тем, что процесс спектрального наполнения происходит с едва ощутимой задержкой во времени, отчего возникает впечатление, будто новые краски рождаются самими звуками, сливаясь букетом своих цветов с тем, что излучают музыкальные инструменты.

И наконец, архитектурная специфика некоторых помещений дополняет происходящее в них собственными резонансами. Пусть они возбуждаются компонентами исходного звука, их энергия настолько велика, что они воспринимаются, как чужеродные (разумеется, в физическом, а не эстетическом смысле). Такое наблюдается в храмах с акустически резонирующими куполами, залах с галереями и присущей им субреверберацией. Эта окраска используется в фонографии не только для создания определённых настроений, но и как способ изложения конкретной семантики, изображения места действия. В спектрах суммарных сигналов такая колористика проявляется, как некая новая, псевдоформантная область; её степень может корректироваться изменениями микрофонных позиций или расположения источника. И голос солиста, заставляющий звучать какую-либо архитектурно-акустическую нишу, окрашивается богатыми свежими тонами; создаётся звуковая аура, иной раз совершенно экзотическая.

Окраску звука за счёт интерференции и реверберации можно создавать, конечно, с помощью электронных устройств. Так, задержанный во времени сигнал, суммируясь с исходным, обеспечивает текущую электрическую интерференцию, что приводит к последовательному по спектру сложению-вычитанию разных составляющих, иначе говоря, реализуется гребенчатый фильтр. Чтобы процесс не затрагивал область основных тонов музыкального источника, время задержки должно быть не более четверти периода колебания для самой высокой из исполняемых нот. В большинстве практических случаев эта величина не превышает

1 мсек., следовательно, при такой обработке звукового сигнала не слишком заметны пространственные эффекты, описанные в главе **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»**.

Надо сказать, что убедительная окраска звука с помощью ревербирующих электронных устройств может быть произведена, практически, без изменения ощущаемого акустического отношения в виртуальном звуковом источнике, если время искусственной реверберации составляет доли секунды, а то и вовсе единицы миллисекунд. При этом «цвет» окраски создаётся формированием избирательной спектральной характеристики диффузного сигнала (выходного сигнала ревербератора). С точки зрения психоакустики, воспринимаемый продукт ассоциируется с работой тех или иных естественно-акустических резонаторов, порождающих форманты музыкальных инструментов или человеческого голоса.*

Заметим, что непосредственное применение искусственной реверберации в колористических целях не даёт результата, полностью аналогичного натуральному, ибо, в отличие от естественных акустических процессов, почти все используемые сегодня электронные устройства не генерируют собственные колебания, спектр которых максимально коррелирован со спектром входного сигнала, а лишь формируют последовательные многократные «отражения», постепенно уплотняющиеся во времени. Разумеется, добавка такого продукта вносит в звук определённую окраску, но для её ощутимого появления необходимы дозировки, большие, нежели при использовании акустических свойств помещений или хотя бы механических ревербераторов (пружинных или листовых), к сожалению, вышедших из употребления. Можно, впрочем, рекомендовать цифровые устройства с программами **«REVERB GATE»**, у которых либо имитируется только начальная стадия реверберационного процесса, либо диффузные сигналы прекращаются с исчезновением входных; таким образом, звуковой материал не подвергается излишнему влиянию так называемых «реверберационных хвостов», а реализуется лишь колористическая функция.

Интересные результаты даёт совместное использование программ реверберации и изменения высоты тона (**PITCH**, — читай ниже). Минимальное, буквально на один цент, транспонирование

* Это подробно описано в главе **«ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ПАЛИТРА ЗВУКОРЕЖИССЁРА»**.

реверберирующего спектра сообщает звуку окраску, чем-то напоминающую натуральную, и в то же время необычную по своей сути.

Что до имитации акустических резонансов и субреверберации, то лучше всего применять два реверберирующих устройства, включённых каскадно, причём входным сигналом для второго ревербератора служит выходной сигнал первого, претерпевший избирательную частотную коррекцию. Такой способ даёт результат с большим ощущением натуральности, благодаря множественным задержкам и двойному процессу нарастания диффузности. Впрочем, при отсутствии достаточного количества аппаратуры возможно (для целей окраски звука, а не для создания полноценной акустической атмосферы) использование одного электронного ревербератора, с соответствующей коррекцией входных и выходных сигналов и оптимальным, соответствующим художественной задаче, подбором программных параметров.

§ 6-3. Регулируемая спектральная окраска

Под таковой следует понимать намеренные линейные искажения спектра звукового сигнала во имя усиления естественных колористических качеств. В звукорежиссёрском обиходе подобные операции именуются «подъёмом» той или иной части спектра. Этот же вопрос тесно смыкается с электрической коррекцией тембров, хотя последняя предусматривает не только усиление, но и ослабление («спад») тех или иных спектральных зон.

Данная тема содержит следующее:

- Использование закономерностей микрофонного приёма звуковых сигналов.
- Использование встроенных в звукорежиссёрские пульта, либо внешних, корректоров амплитудно-частотной характеристики электроакустической передачи (*equalizers*).
- Применение динамических фильтров и формантных генераторов.
- «Выравнивание» спектральных характеристик передачи.

Любые манипуляции со спектрами сигналов способствуют также решению художественных задач по взаимосочетаниям разных музыкальных голосов, образующих звуковое множество, когда речь заходит о слиянии или контрастировании его компонент.

В главе 3 сообщалось об амплитудно-частотной характеристике микрофонных преобразователей при различных условиях акустического приёма. Там шла речь о «максимально достоверной» звукопередаче, поэтому всякие линейные искажения, вносимые микрофонами или спецификой их использования, квалифицировались как случайный дефект. Но сознательное регулирование АЧХ микрофонного приёма в фоноколористических целях является самым целесообразным и деликатным способом количественного изменения спектра звукового сигнала, и вот почему:

- 1). Включение электрических корректоров почти всегда чревато сопутствующими шумами и искажениями, пусть даже ничтожными.
- 2). При вариациях микрофонного азимута и дистанции до исполнителя, что является основой регулирования спектральной характеристики, используются *естественные свойства* как акустических объектов, в смысле частотно-зависимой направленности их излучения, так и среды распространения звуковых волн, поглощающих высокочастотные колебания с удалением от источника. А поскольку это теснейшим образом связано с «акустическим паспортом» конкретного тонателя, вряд ли возможен адекватный подбор корректирующих фильтров.

Направление микрофона, изменяемое ассистентом во время настройки, даст в итоге результат, наилучшим образом отвечающий звукорежиссёрской концепции. Так, кантиленное звучание ксилофона в *tremolo*, когда почти неслышные атаки звука способствуют акустическому *legato*, лучше получить, ориентируя микрофон перпендикулярно направлению ударов, нежели снижая электрически коэффициент передачи высоких частот. Сверхкрупный план медного духового инструмента ради уменьшения «шипящего воздуха» не скорректирует ни один *equalizer*, и только расположение микрофона непосредственно под раструбом трубы или тромбона принесёт успех.

А сколько вариантов звучания скрипки в бесчисленном множестве микрофонных ракурсов! Один и тот же характер звукоизвлечения — а слышим то жёсткость, то мягкость, то яркость, то вуаль, — всего не перечислишь.

При записи скрипичных сонатин Франца Шуберта в исполнении Зиновия Винникова и Сергея Мальцева только ориентацией микрофона из-за спины скрипача удалось добиться оптимальной

темброво-громкостной динамики в эпизодах, где *solo* рояля сопровождал незатейливый скрипичный аккомпанемент.

Если коррекция сигнального спектра в высокочастотной области путём изменения расстояния до акустического объекта не вызывает вопросов, то регулировка передачи низких частот наталкивается на проблему, связанную с эффектом ближней зоны направленного микрофонного приёма. Гипертрофия низкочастотных звуков часто осуждается, как недопустимая, особенно в связи с некачественными, примитивными устройствами воспроизведения компакт-дисков или аудиокассет. Но если таковое диктуется музыкальной драматургией, подчёркивание нижних регистров может быть, например, образом надвигающегося ужаса, что убедительно продемонстрировал звукорежиссёр Петербургской студии грамзаписи А. Барашкин фонографией «Ночи на Лысой горе» М. Мусоргского в переложении для ансамбля «МаГриГАл».

Музыканты-инструменталисты часто применяют акустическую коррекцию спектра своего звука. Так, если при игре на скрипке смычок приближать к подставке, или, наоборот, отодвигать от неё по направлению к грифу, то тембр при этом будет значительно изменяться. По мере приближения смычка к подставке всё сильнее и сильнее будут звучать высшие гармоники, и у самой подставки, при так называемой игре *sul ponticello*, тембр примет своеобразный свистяще-металлический характер. По мере же приближения смычка к грифу гармоники высоких порядков будут всё более и более ослабевать, а низкие — усиливаться, в результате чего тембр будет смягчаться, и при игре *sulla tastiera* (над грифом) звучание скрипки в спектральном плане может приблизиться даже к звучанию музыкальных инструментов, гармонически бедных, например, к флейте.

Каждый канал современного звукорежиссёрского пульта имеет корректоры амплитудно-частотной характеристики на основе различного рода электронных фильтров. Последние позволяют менять степень усиления (коэффициент передачи) в той или иной части спектра сигнала; при этом темброобразующие спектральные компоненты подчёркиваются или нивелируются, что и проявляется как колористическое изменение, но лишь тогда, когда в корректируемой частотной области действительно существуют актуальные, с точки зрения тембра, составляющие.

К числу таких корректоров относятся:

а). **Фильтры верхних и нижних частот** первого порядка (однозвенные) с максимальной крутизной подъёма или спада регулируемой характеристики 6 дБ/окт., начиная от точки перегиба, также варьируемой (иллюстрация 6-4).

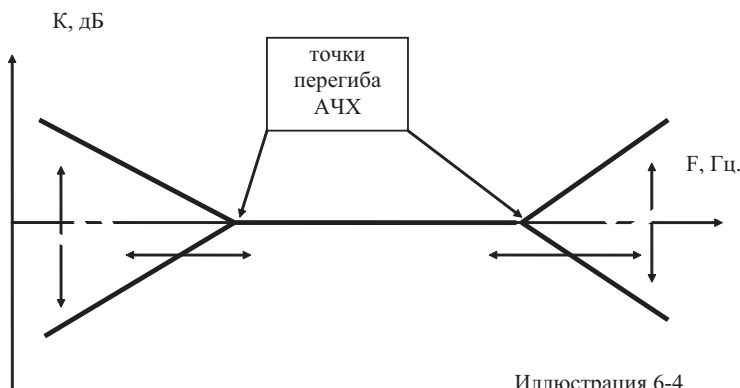


Иллюстрация 6-4

Разумеется, график упрощен для наглядности. Линии со стрелками показывают области различных вариаций.

С точки зрения фонокористики указанные фильтры (они обозначаются английским словом *shelf*) по причинам схемотехнического характера оказывают самое деликатное влияние на звуковой сигнал. С их помощью мягко корректируются спектральные потери на краях частотного диапазона, отсюда — в литературе встречаются их дополнительные названия: **плавные** или **компенсационные**.

б). Повышение крутизны характеристики передачи в корректируемых зонах до 12–18 дБ/окт., при увеличении порядка фильтров, то есть количества фильтрующих звеньев (соответственно, до 2–3) приводит к образованию **ограничивающих**, так называемых «обрезных» фильтров (иллюстрация 6-5). У них регулируется лишь положение точки перегиба на частотной оси, а схемное включение обеспечивает только спад характеристики с постоянной указанной крутизной (*pass — filters*).

Большого колористического смысла такие фильтры не имеют, разве что с их помощью можно заметно уменьшать передачу **край-**

них спектральных областей, если таковые изобилуют нежелательными звуковыми красками, призвуками, шумами или проникновением сигналов «чужих» источников.

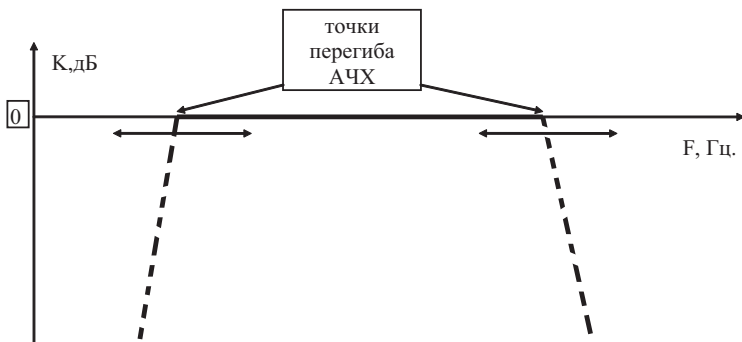


Иллюстрация 6-5

в). С помощью **балансных фильтров** (иллюстрация 6-6), больше известных в электроакустике под названием **разделительные фильтры**, в некоторых случаях регулируют громкостное соотношение между низкочастотными и высокочастотными спектральными компонентами. Крутизна разделительной ветви в этих фильтрах обычно не превышает 6 дБ/окт. Эффективность их колористического действия значительно возрастает, когда они схематехнически или путём оперативной коммутации объединяются с *maximizers*, и становятся частотно-зависимыми усилительными звеньями (см. ниже).

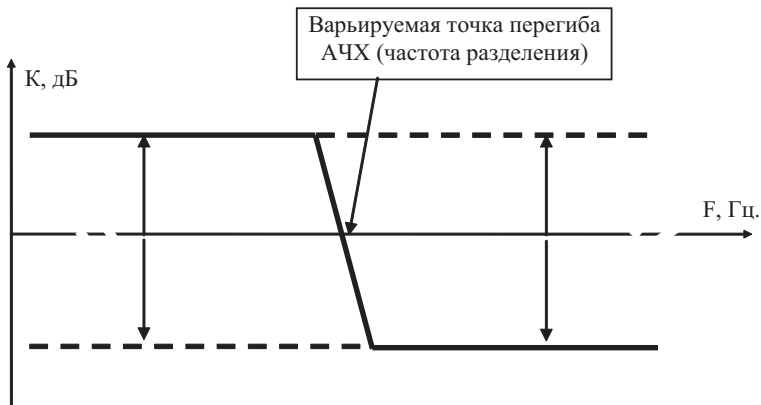


Иллюстрация 6-6

г). Для подчёркивания или снижения окраски звука в среднечастотных зонах, где сосредоточено, в частности, большинство формант, употребляются полосовые перестраиваемые фильтры, наиболее распространёнными представителями которых являются так называемые параметрические корректоры АЧХ (*parametric equalizers, band-notch filters*) — (иллюстрация 6-7).

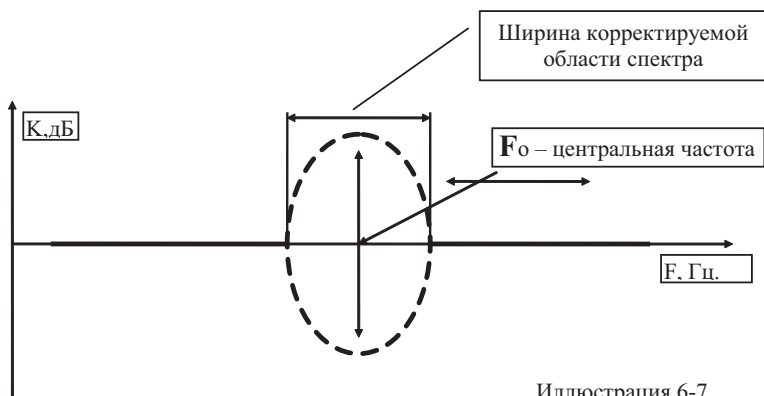


Иллюстрация 6-7

Собственно параметрами в таких фильтрах являются: частота подъёма / спада характеристики, знак и глубина регулирования с размахом до 30–40 дБ, а также добротность, определяемая, как отношение центральной частоты к ширине корректируемой полосы частот, то есть отражающая избирательность фильтра. Настройка частоты и величины коррекции, как правило, производится плавными регуляторами, а добротность, за исключением систем с цифровым управлением, изменяется ступенчато; в подавляющем большинстве пультов имеются 2 позиции установки этого параметра — $Q = (0,5-1)$ и $Q = (3-8)$.

Некоторые модели электроакустической аппаратуры снабжены чрезвычайно простыми избирательными фильтрами, где при фиксированной степени усиления и неизменной добротности варьируются только частоты и знак коррекции АЧХ. Эти устройства получили названия фильтров присутствия/отсутствия (*presens / antipresens*); в своё время они были очень распространены в кино, телевидении и радиовещании. В эстетическом отношении центральная частота параметрического корректора соответствует «цвету» краски, так сказать, извлекаемой из существующего звукового спектра; добротность Q определяет оттенок этой краски, а степень

коррекции (величина подъёма АЧХ) — насыщенность. Необходимо попутно заметить: чем выше добротность фильтра (в компьютерных устройствах эта величина может достигать 100), тем больше возможность его автогенерации на заданной частоте, и тогда оттенок превратится в самостоятельный тон.

д). Ещё одно устройство для спектральной коррекции — графический фильтр (*graphic equalizer*). Это название связано с тем, что положения регуляторов подъёма /спада АЧХ в многополосном приборе как бы отображают график формируемой частотной характеристики передачи (иллюстрация 6-8).

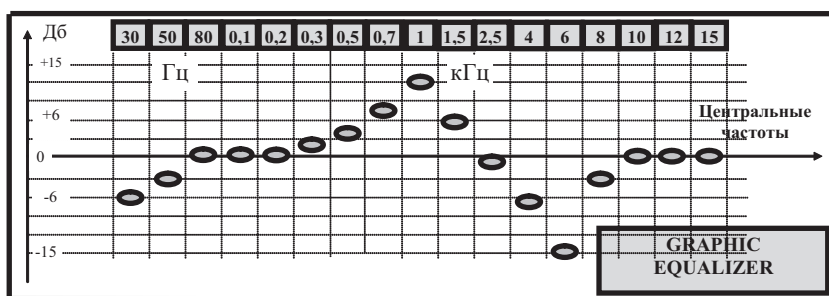


Иллюстрация 6-8

Если, дополнительно, положение «точек» коррекции на частотной оси может ещё подстраиваться, как в параметрическом фильтре, и в каждой полосе варьируется добротность, мы получаем усложнённую разновидность прибора — параграфический корректор АЧХ.

Вполне очевидно, что описанные конструкции не могут быть механически внедрены в каждый канал пульта. Поэтому эти устройства выпускаются отдельными блоками, подключаемыми, преимущественно, в разрывы цепей **INSERT**.

Иногда обращает на себя внимание то обстоятельство, что одновременный максимальный подъём АЧХ в двух соседних полосах приводит к «выхолащиванию» звука в той же спектральной области. Причина этого явления кроется в схемотехнических решениях большинства графических фильтров: суперпозиции фазочастотных характеристик соседних полос при повышении усиления в них обуславливают понижение усиления в зоне между ними. Впрочем, как сейчас будет показано, это не должно давать повод для беспокойства.

К сожалению, вообще чистота работы электрических фильтров, за исключением разве что фильтров первого порядка, да и то в режиме спада АЧХ, оставляет желать лучшего. Проблема здесь не только в пресловутых фазовых искажениях, — в конце концов, принцип действия активных фильтров и построен на сдвигах фаз в цепях обратных связей. Дело в том, что через корректор проходит весь звуковой сигнал, а не какая-то его часть, следовательно, весь звуковой сигнал претерпевает дополнительные нелинейные искажения и обогащается шумами, поскольку этими дефектами в той или иной степени чреватые любые активные элементы, в частности, операционные усилители, ухудшающие, к тому же, динамические характеристики звука.

На практике всегда ищется компромисс между степенью колористических решений и ущерба для сигнала в целом. Ситуации становятся критическими в случае максимальных подъёмов АЧХ параметрическим корректором, и напротив, проблемы почти не появляются, если необходимо ослабить какую-то часть спектра, тем более, что этому сопутствует уменьшение громкости редактируемого звука.

При скрупулёзном подходе к данному вопросу рекомендуется параллельное включение параметрического фильтра, с использованием корректора АЧХ свободного канала пульта. В последнем целесообразно ограничить полосу передачи, и тогда на его выходе будет только чистая «краска», дозируя которую можно добиться превосходного фоноколористического результата с полным сохранением остальных качеств исходного звука.

Поскольку проблемы свободных ячеек пульта возникают, преимущественно, в процессе перезаписи (сведения) многоканальных фонограмм, то, если позволяют обстоятельства и есть уверенность в правильности выбранных решений, такую обработку удобно производить на стадии первичных записей, коммутируя параллельный корректор либо со входом основного канала, либо с так называемым узлом «вставки» *insert send* (см. иллюстрацию 6-9):

Само собой разумеется, что положения панорамных регуляторов в основном канале и канале параллельного корректора АЧХ должны соответствовать друг другу, дабы «краска» не отрывалась от объекта.

Аргументируя целесообразность параллельной тембральной коррекции полезно вспомнить, что и в естественной акустике

почти всегда окрашивающие резонансные конструкции оказываются «подключёнными» параллельно основным звеньям или объёмам музыкальных инструментов и только в редких случаях образуют, так сказать, последовательные цепи, что всякий раз вызывает специфические ощущения (например, звук говорящего в рупор или большую трубу).

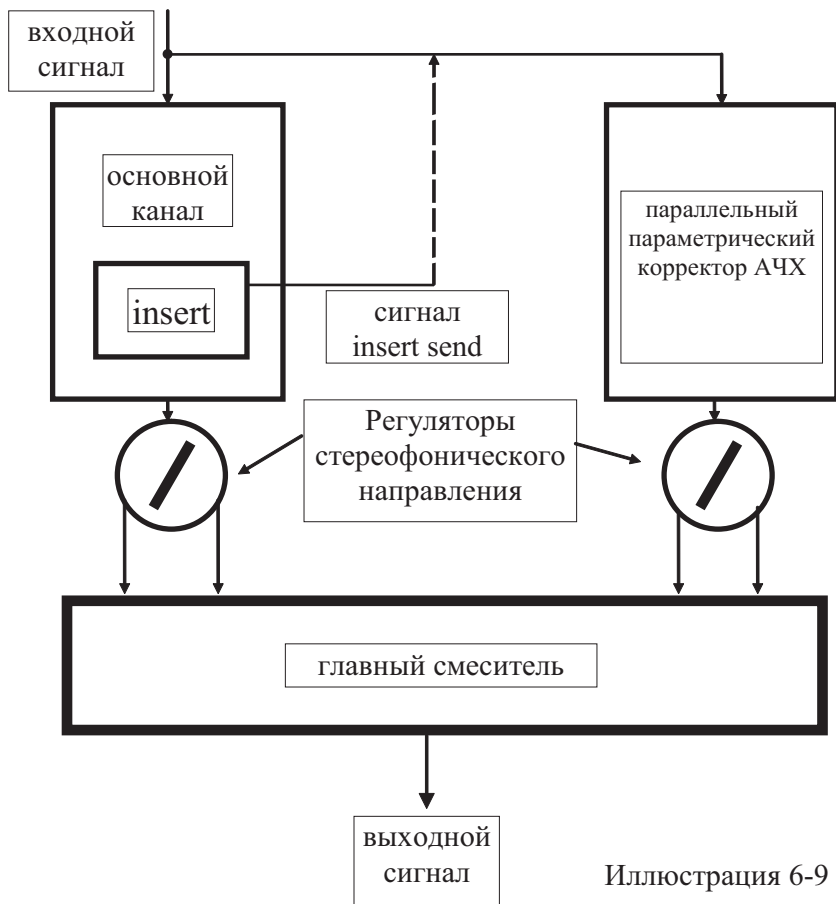


Иллюстрация 6-9

Когда в канал параллельного параметрического фильтра включается *компрессор с предварительным усилением*, в данном случае — частотно-зависимым, то возрастающее громкостное ощущение выделенных спектральных компонент позволяет снизить их объективный уровень, кроме того, уменьшается слышимость побочных технических привнесений.

Собственно говоря, именно так работают распространённые приборы тембральной коррекции, называемые *спектральными энхансерами* (от англ. **enhance** — увеличивать, повышать). С точки зрения аппаратной коммутации они являются параллельными устройствами, хотя наличие оперативной регулировки соотношения уровней входного и выходного сигналов позволяет включать их в разрыв единого канала пульта.

Принцип действия энхансера основан на работе динамического фильтра, однозвенного или двух-трёхзвенного, с настройкой, соответственно, на одну, две или три спектральные области. Компрессия сигналов в цепях фильтров поддерживает относительно постоянной и независимой от звуковой динамики величину окраски. Это иногда выдаёт работу энхансеров, особенно, если сигнал источника, обладающего большим динамическим диапазоном, не подвергается адекватному сжатию последнего. Ведь для натуральных акустических источников «тембрность» возрастает с громкостью, а тихое, наоборот, часто воспринимается нами, как обесцвеченное. А у энхансера «цвет» может возобладать над «контуром», когда, например, переход от *forte* к *subito piano* происходит быстрее времени удерживания компрессируемых фильтров. Впрочем, это явление вполне может быть использовано в художественных целях, мало того, о нём иногда с гордостью сообщают рекламные проспекты электроакустических фирм, правда, без особых комментариев. Делается лишь упор на активизацию психоакустических механизмов восприятия. Действительно, при такой обработке снижается маскирующее влияние низкочастотных (интонационных) спектральных зон на обертоны, громкость которых возрастает благодаря компрессии с начальным избирательным усилением.

Автором этой книги в 90-х годах прошлого столетия был создан и внедрён на Петербургской студии грамзаписи параллельный динамический фильтр «**ПОЛИХРОМ**», у которого отсутствует компрессия выходного сигнала в подчёркиваемой спектральной области. Динамике подвергается *добротность* фильтра, автоматически регулируемая входным сигналом таким образом, что когда источник в обрабатываемой зоне тембрально обеднён, полоса спектрального выделения — максимальна (~ 1/3 октавы). Если же в иные моменты времени в этой полосе источник обнаруживает собственную краску в большом количестве, то, во избежание

колористического перенасыщения, добротность фильтра возрастает (порой до $Q = 100$), и в дополнительной окраске участвует только очень узкая часть спектра с центром в выбранной частоте. В итоге обеспечивается постоянство не количества окраски, а фоноволористической насыщенности.

Конструирование приборов для тембральной коррекции с учётом свойств человеческого слуха привело к появлению семейства так называемых *психоакустических процессоров* (или психоакустических эквалайзеров). Принцип их действия апеллирует к существованию субъективных гармоник, возникающих при определённых условиях в слуховом анализаторе; соответственно, и эти приборы вносят в передаваемые звуковые сигналы незначительные нелинейные искажения, спектральные максимумы которых сосредоточены в варьируемых частотных областях. При этом звучание обогащается, становится ярче и насыщеннее. Однако, следует заметить, что если природа слухового восприятия всегда имеет индивидуальную принадлежность, то искажения в указанных процессорах — объективны и константны, так что их «навязывание» слушателю, с философской точки зрения, несёт в себе некий элемент насилия, а в смысле психоакустики — дискомфорт, часто связанный с ощущением какого-то нарочитого «электроакустического налёта». Поэтому подобная обработка звука должна быть художественно обоснованной.

Напомним, что все описанные приборы не окрашивают звук новым цветом, а лишь регулируют то, чем располагает сам источник. Но существуют устройства, которые генерируют новые спектральные компоненты, коррелированные со входным сигналом. Эта связь может подчиняться гармоническому закону, что равносильно созданию искусственных обертонов; иногда такие генераторы в виде субблоков входят в состав психоакустических процессоров вида «**Иксайтер**» (от англ. *excite* — возбуждать), о чём свидетельствует надпись «*harmonics*». Другой тип приборов создаёт искусственные форманты, в том числе и негармонические. Используя высотные и артикуляционные признаки обрабатываемого звука, управляемые генераторы формируют сигнал, адекватный входному, но с тональным или узкополосным шумовым заполнением. Нужно учесть, что продукты таких устройств звучат довольно специфично, хотя кто знает, может быть именно так и слышались бы естественные форманты, если их полностью отделить от голоса. Во всяком случае,

дозировать сигналы генераторов искусственных формант следует с величайшей осторожностью, чтобы создаваемая окраска не привела к ненатуральности звучания. Это же, конечно, относится и к прочим способам тембральной коррекции, тем более, что некоторые записи, изобилующие искусственными привнесениями или колористической перенасыщенностью, когда это не оправдано драматургически, удивляют своей неделикатностью*.

Выше было указано, что изломы на спектрограмме звукового сигнала свидетельствуют о том или ином тембральном императиве источника. Поэтому, если позволяют технические средства, вмешательство в спектральную характеристику, вызывающее резкие экстремумы даже небольшого размаха, приводит к появлению квазиформантных признаков.

Существует ложное мнение, будто спектрограмма хорошей звукозаписи должна быть сплошной и равномерной, да при этом ещё и простирается чуть ли не во всём слышимом диапазоне. Разубедиться в этом несложно, если вспомнить, что таким спектральным свойством обладает только «стационарный» шум. Кавычки следует понимать, как иронию, ибо, объективно, шум из-за хаотичности амплитуд и фаз бесконечного числа его компонент нестационарен и находится в беспрестанном звуковом движении, — его характер неизменен лишь в среднестатистическом смысле. Так что же говорить о спектрах музыкальных программ, тем более отдельных голосов, в особенности, когда речь идёт всего-навсего о наблюдении за дисплеем спектроанализатора с малым временем интегрирования! Только в течение длительного звучания, статистически, может обнаружиться огромное, хотя далеко не бесконечное, количество спектральных составляющих, и то если программа не представляет собою *solo* какого-нибудь инструмента с линейчато-гармоническим спектром.

Правда, один из аргументов в пользу равномерно-сплошного спектра состоит в том, что такого рода электроакустические сигналы обеспечивают более близкие звучания в разных условиях прослушивания, независимо от индивидуальных качеств громкоговорителей, так как увеличивается вероятность более активного широкополосного «включения» системы воспроизведения. Поэтому в последнее

* Подробнее об этом — в главе «ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ПАЛИТРА ЗВУКОРЕЖИССЁРА».

время появились идеи нивелирования сигнальных спектров готовых записей в процессе премастеринга (см. главу о редактировании фонографий) с помощью многополосных фильтров с компрессированием или без такового. Эти операции проводятся, преимущественно, с материалами популярных и рок-жанров; их задача — максимальное увеличение суммарной громкости. Но заниматься этим целесообразно ещё в ходе перезаписи (сведения многоканальных фонограмм) или первичной записи, то есть, когда у звукорежиссёра имеется возможность работать с отдельными компонентами звукового множества, анализируя их тембральные взаимодействия.

Ведь только на данном этапе можно избежать наличия перекрёстных спектральных участков, с общими границами для тембрально соседствующих голосов, особенно, если они не должны восприниматься чересчур слитно. Игнорирование этого обстоятельства чревато появлением спектрального «мусора» из-за биений близких по частоте составляющих. Возникает ощущение искажений в высокочастотной области и, как говорят звукорежиссёры, «замутнённый низ». Эти дефекты могут проявиться в большей степени, если усиливать какие-то области спектра ради его «выравнивания» в суммарной фонограмме.

Подробно об этом — в следующем параграфе.

§ 6-4. Темброво-спектральная композиция

Если в главе «**Фонографическая композиция**» рассматривались вопросы о построении стереофонических картин в контурном виде, то здесь разговор пойдёт о *колористическом распределении*. Случайное изложение тембров (спектров) различных музыкальных голосов без анализа их взаимовлияний, как правило, приводит к «грязным» фонограммам, утомляющим слух звуковой невняtnостью, монотонностью окраски; при этом могут быть сведены на нет все усилия по созданию звуковой графики.

Законы спектральной композиции применимы не только к стереофоническим или многоканальным пространственным звукоизложениям. Они изучались ещё на заре художественной звукозаписи, и поскольку главной их субстанцией является психоакустика, то не следует пренебрегать богатым опытом десятилетий в сомнительных

предположениях о сегодняшней революции слушательского восприятия.

Всем хорошо известно, что при восприятии произведений искусства, наблюдении естественных явлений или даже чтении простых информационных сообщений целое есть нечто большее, чем просто сумма его составных частей. Так, набор взаимодействующих элементов музыкальной и акустической ткани всегда обнаруживает свойства, которые не являются очевидными для самих этих элементов. Унисон группы однородных инструментов обладает акустическим спектром, захватывающим иной раз даже инфразвуковую область, чего не скажешь о каждом отдельном инструменте, но что вполне можно предугадать, зная природу образования биений близких по частоте сигналов. Работая над многодорожечной фонограммой методом последовательных наложений почти невозможно уверенно прогнозировать тембральные метаморфозы музыкального голоса, записываемого первым, когда он впоследствии будет окружён остальными голосами звучащего ансамбля или оркестра. Однако знание особенностей слухового восприятия подскажет и тенденции, и даже примерную степень этих изменений, особенно, если анализу вопроса сопутствует хороший практический опыт.

Конечно, при таком анализе не существует общих математических и даже психоакустических рецептов. Любую проблему нужно решать отдельно, используя наиболее удобные для каждого случая методы, будь то теоретические или эмпирические.

Исследования в области психоакустики показывают, что люди воспринимают спектры звуковых сигналов приблизительно 24 участками слуха, названными *критическими полосами* или *частотными группами*. Анатомически им соответствуют различные объединённые участки базилярной мембраны.

В полном слуховом диапазоне, в случае широкополосного спектра, шума, критические полосы имеют следующие среднестатистические значения центральных частот и ширины (в герцах):

50±40; 150±50; 250±50; 350±50; 450±55; 570±60; 700±70; 840±75; 1000±80; 1170±95; 1370±105; 1600±120; 1850±140; 2150±160; 2500±190; 2900±225; 3400±275; 4000±350; 4800±450; 5800±550; 7000±650; 8500±900; 10500±1250; 13500±1750.*

* Данные приведены по книге Э. Цвиккера и Р. Фельдкеллера «Ухо как приёмник информации». Издательство «Связь», Москва, 1971 г.

Прямого отношения к звуковысотной чувствительности частотные группы не имеют; в этом плане разрешающая способность слуха гораздо более высокая (человек с музыкальным слухом способен различать около 600 звуков различной высоты). Наличие же критических полос позволяет дифференцировать тембры звуков, коль скоро окраска адекватна спектральному акустическому составу. Индивидуальности в восприятии спектров объясняются как флуктуациями параметров критических полос у разных людей, так и влиянием резонаторов ушной полости, приводящих к определённой для каждого человека частотной неравномерности приёма звуковых волн.

Различные модели механизмов слуха, из которых наиболее убедительной является гельмгольцева аналогия с вибрационным частотомером, показывают, что сигналы отдельных частотных групп определённым образом суммируются в слуховых отделах головного мозга, так что **результатирующее громкостное ощущение тем выше, чем большее количество критических полос задействовано в восприятии звука**. Это хорошо подтверждается умело оркестрованным *tutti*, когда для достижения максимальной звучности оркестра используется наибольшее число разных музыкальных регистров.

Отдельно взятая частотная группа имеет некоторый биологический предел, выше которого ощущение нарастания громкости уже не происходит. Соответственно, утомляемость слуха наступает гораздо быстрее, если узкополосный акустический спектр воспринимается только малой частью критических полос или вообще одной из них.

Следует добавить, что, как и у вибрационного частотомера, количество активизирующихся участков базилярной мембраны в какой-то мере связано с интенсивностью звуковой волны, пусть и узкоспектральной; этим, отчасти, объясняется ощущение «тембрального расширения» в *crescendo*, даже у синтезированных звуков. Но гораздо интереснее и ценнее в эстетическом отношении обратное явление: впечатление повышенной громкости существует, если спектр любого источника, в том числе и одиночного, обладает несколькими экстремумами, помимо области основных тонов. Тогда одновременное участие нескольких частотных групп в восприятии звука, как уже объяснялось, увеличивает громкостные ощущения.

Впрочем, громкость является далеко не единственным критерием звукового качества. В большинстве случаев гораздо важнее добиться фонографической прозрачности и контрастов, оставляя слитность только тем голосам, которые должны излагаться гомофонно. И для этих целей также учитываются психоакустические свойства, обязанные наличием критических полос слуха.

Если несколько одновременно звучащих источников активизируют разные частотные группы, что происходит при несовпадающих спектральных экстремумах, то слушатель уверенно различает эти голоса.

Но когда слух воспринимает сигнал со спектром, имеющим подчёркнутый экстремум в какой-либо области, то восприятие другого звука, экстремум спектра которого находится в пределах той же критической полосы, будет ослаблено.

И в этом случае громкостное балансирование во имя дифференцированности звучаний нецелесообразно. Преследуется другая цель: получение колористическим путём звукового монолита, где ни одна из составных частей не является автономной или преобладающей.

Из всего сказанного напрашиваются важные практические выводы:

1. Для хорошего разделения одновременно звучащих голосов во имя избирательного восприятия необходимо усиливать в каждом из них **индивидуальные** спектральные участки, если по каким-либо причинам единая специфическая обработка, изменяющая природу звуков, исключается, а в инструментовке используется общий звуковысотный регистр, и различия в натуральном формантном или обертоновом составе источников для указанной цели недостаточны.

Необходимость спектрально дифференцированного изложения часто встречается при многодорожечной записи малых ансамблей, когда несколько партий негомофонного характера последовательно исполняются одним артистом на одном и том же инструменте.

Предпочтительно, чтобы участки коррекции лежали вне области основных тонов, иначе может наступить динамическое нарушение громкостного баланса для звуков разной высоты. Лучше всего подчёркивать естественные форманты или создавать спектральные экстремумы в зонах высших гармоник.

Поиск оптимального частотного участка удобно производить с параметрическим корректором при максимальном избирательном подъёме АЧХ: так легче находится нужная область и заметнее ненатуральность результата, если это актуально. А потом устанавливается **минимально возможная величина усиления**, при котором режиссёрское вмешательство не будет казаться самоцелью. **Индивидуальность спектральных зон для обработки различных голосов подразумевает их нахождение в разных критических полосах слуха.**

2. Для хорошего звукового слияния нескольких голосов, к примеру, в аккордах (особенно, при их широком расположении), исполняемых разнородными инструментами, что также встречается в малых ансамблях, необходимо подчёркивать или создавать спектральные экстремумы, желательно в области обертонов, в пределах одной или, по меньшей мере, соседних частотных групп.

Существует и другой способ соединения двух голосов, когда один из них тембрально (спектрально) как бы входит в состав другого. Для этого в «инкрустируемом» звуке находится или генерируется спектральный максимум, и в той же частотной зоне у второго голоса создаётся «ложе» путём избирательного снижения усиления. Возникает впечатление некоторого поглощения одного звучания другим с одновременным сохранением как слитности, так и детерминированности. Однако эффект этот слишком тонок, и прибегать к нему целесообразно, во-первых, при соответствующем контексте, во-вторых, при ненасыщенной фактуре звукового окружения.

Применение избирательной частотной коррекции, «навязывание» колористики в электроакустической передаче очень важно по причинам, кроющимся в психологии восприятия фонографии. При непосредственном прослушивании музыки в концертном зале, благодаря зрительным контактам с источниками звука существует уверенное распределение акустических акцентов, даже если не используются яркие тембральные естественные цвета. Как только слушатель остаётся наедине с громкоговорителями, погружаясь в атмосферу «искусства для слепых», то сама звуковая программа должна спектральными подчёркиваниями восполнять отсутствие зрелища. В этом смысле фоноколористическая картина аналогична картине изобразительной, состоящей формально из композиционно распределённых тёмных и светлых участков различных цветов на рассматриваемой плоскости.

Избирательные взаимно-согласованные коррекции можно также употреблять при некоторых видах специфической обработки сигналов, в частности, локальной диффузной окраске с помощью электронного ревербератора, когда отсутствует слияние звука источника со «звуком» электроакустического устройства.

3. Оценку тембрального качества одиночного источника не следует производить «в тишине», если только это не *solo a'capella* или инструментальная каденция. Все другие голоса существуют в составе ансамбля или оркестра, следовательно, их точная тембральная настройка требует звукового сопровождения. В качестве такового вполне употребим даже розовый шум; создаваемая им широкополосная маскировка вполне компенсирует отсутствие музыкальной фактуры.

К слову, розовый шум оказывается хорошим помощником для поиска слабо выраженной формантной или иной тембральной области источника. Если учесть ограниченность ресурсов восприятия критической полосы слуха, то можно, включив параметрический корректор с малой добротностью и подъёмом АЧХ в канал генератора шума, и вращая регулятор частотного положения, отметить на слух точку, при которой исследуемый источник «обесцвечивается». Она и будет адекватна спектральному положению звуковой окраски. Именно это значение частоты нужно установить в корректоре записываемого сигнала, если необходимо формантное подчёркивание.

Но здесь необходимо знать, что отнюдь не позиция эквалайзера является единственным объективным индикатором выбора частотной коррекции, тем более, что подавляющее число оперативных регуляторов звукорежиссёрских пультов не имеет точной градуировки. В дополнение к слуховому контролю, который, к сожалению, зависим от студийных громкоговорителей, следует пользоваться анализаторами спектра, на дисплеях которых хорошо видны свободные от изломов или насыщенные спектральные зоны. При этом желательно, чтобы временные параметры анализатора соответствовали известной инерционности слуха в определении тембра: в отличие от человеческой реакции на динамические всплески или точность интонирования, когда оценка происходит почти с атакой звука, уверенное восприятие частотного спектра требует некоторого времени, иногда до сотен миллисекунд.

Нелишне напомнить, что избирательные коррекции не должны создавать неестественности звучания. Гипертрофированная ок-

раска за счёт электроакустических спектральных подчёркиваний возможна только при твёрдых драматургических обоснованиях. Поэтому необходимо в максимальной степени использовать свойства натуральных спектров, а тембральные акценты, как уже говорилось, реализовывать, по возможности, путём ориентации микрофонов на акустические резонаторы музыкальных инструментов либо отражающие поверхности типа поднятой крышки рояля, помня, что в наибольшей степени отражаются акустические волны, длина которых значительно меньше размеров зеркальной площадки (то есть, по преимуществу, средне-высокочастотные излучения).

Попытки дать универсальные словесные определения тембральным ощущениям, адекватным тому или иному спектральному диапазону, всякий раз наталкиваются на большие проблемы. Ясно, что совершенно разные частотные области будут соответствовать, к примеру, жёсткой окраске звучания тубы или флейты пикколо. Основная форманта фагота (≈ 500 Hz) определяет его некоторую гнусавость, тогда как небольшое усиление в этой же зоне спектра скрипки сообщает её тембру глубину и мягкость. В то же время гнусавость звучания скрипки может наблюдаться при спектральном подъёме в районе 2 кГц, что для тромбонов и валторн отвечает увеличению их акустической яркости.

Хотя исследования и показывают, что существуют общие точки зрения на звуковые тембры, впечатления от них носят, конечно, субъективный характер. Человек без труда забывает о своём отношении к тембральным краскам под влиянием других ощущений, следовательно границы, которые мы проводим, приписывая тому или иному спектру конкретное качество, условны и расплывчаты, отчего психоакустики иногда получают во время своих опытов если не противоречивые, то, по меньшей мере, различающиеся данные.

Разумеется, теоретически возможно примерное сравнительное описание спектральных областей музыкальных инструментов и соответствующих тембральных характеристик. Но такой подход к вопросу не слишком целесообразен, ибо статистика неспособна учесть бесконечного множества индивидуальных тонкостей, а между тем каждый конкретный инструмент заметно отличается от своего «сородича». К тому же большинство систематизированных данных обладает гипнотическим действием на новичков, что часто

чревато плачевными последствиями, когда практика отказывается подтверждать теоретические результаты, полученные, как правило, в «стерильных» условиях: с помощью измерительных микрофонов, в заглушенных камерах, т. п.

Тем не менее, можно и нужно пользоваться исследованиями, проведёнными в области музыкальной акустики, где выводы науки носят принципиальный характер. Так, например, известно, что частоты нижних формант лежат вблизи частот самых низких тонов, извлекаемых музыкальными инструментами или человеческими голосами; в особенности, это справедливо для духовых. Частоты верхних формант, как правило, находятся за пределами рабочих диапазонов, если только конструкция инструмента не предусматривает использование каких-либо резонаторов для выравнивания громкости при игре в высоких регистрах, что встречается у струнных.

Исключения составляют гармонические форманты, входящие в рабочую спектральную область; их наличие легко обнаруживается при частотном сканировании электроакустического канала. Возникает резкая тембральная гипертрофия, как только частота подъёма АЧХ у параметрического корректора совпадёт с частотой форманты. Так называемые «характерные» форманты (упомянутая фаготовая, скрипичная «форманта Страдивари» с приблизительной частотой 3900 Гц, певческие, т. п.), органичны лишь для музыкальных источников своих семейств, и соблазн генерировать их ради «превращения», к примеру, саксофона в виолончель никогда не приведёт к желаемому результату, ибо тембр образуется всей совокупностью музыкально-акустических свойств, касающихся, в первую очередь, способа звукоизвлечения. Подобным образом можно только добиваться гомофонности в ансамблевом звучании, о чём говорилось выше. Зато в звуковой картине удаётся излагать скрипку как струнный альт, баритон как бас, или сопрано как меццо-сопрано, если формировать любым доступным способом спектральные акценты в областях, принадлежащих соответствующим однородным представителям.

Опыт показывает, что эмоциональное или психологическое воздействие звуковых спектров, воспринимаемых человеком, как разные тембры, не всегда отражает закономерности «далеко разнесённых» приёмников на базилярной мембране нашего уха. Слушатели могут в своих эстетических оценках подразделять спек-

тральные области на сильные и вялые (слабые), успокаивающие и возбуждающие, на тяжелые и лёгкие, острые и тупые, круглые и плоские, тёплые, даже горячие, — и холодные, и все эти эпитеты, несомненно, имеют для темброво-спектральной композиции художественное значение. Многие люди сходятся во мнении относительно условного «веса» звукового спектра. Низкочастотные звуки представляются им более «тяжёлыми» по сравнению с высокочастотными. Тембральные сочетания кажутся неуравновешенными, если инструментальные или вокальные голоса крайних нижних регистров звучат заметно громче верхних.

Не только тембр, но и музыкальный регистр влияет на наше впечатление об удалённости виртуального источника звука. При прочих равных фонографических и динамических условиях, представители нижних регистров (низкочастотных спектральных областей) воспринимаются как более удалённые звуковые предметы*.

Не исключено, что именно по этой причине многие режиссёры излагают большой барабан и бас-гитару гипертрофированно крупным планом, чтобы скомпенсировать указанный феномен восприятия столь важных для ритмической структуры голосов современных популярных жанрах. Классификация звуковых спектров на тёплые и холодные, конечно же, не совпадает с нашей оценкой реальной температуры, но вполне может быть, что какие-то ассоциативные корни в этом вопросе следует искать в географии различных музыкальных культур. Если учесть результаты экспериментов, где испытуемые ощущали «тёплыми» звуки со средне-низкочастотными спектрами, а «холодными» — звуки, спектры которых простираются значительно выше средних частот, то кто знает, нет ли в этих впечатлениях тонких нитей, тянущихся либо к массивным национальным ударным инструментам жаркой Африки, либо к высоким регистрам труб у Сибелиуса или хрустальным колокольчикам Сольвейг у Грига?

Если говорить о спектральных соединениях, то здесь мнения слушателей абсолютно расходятся. Одним нравится слияние тембров, другие предпочитают контрасты. При этом наблюдаются случаи, когда люди полагают хорошо сочетающимися равногромкие

* Отчасти это явление объясняется малыми размерами громкоговорителей, излучающих на низких частотах сферические волны, каковое обстоятельство ассоциирует у слушателя большую удалённость источника, чем в случае плоских звуковых волн.

звуки даже разного спектрального состава, если только их тембры ненасыщенные. Так или иначе, делать обобщения относительно достоинств того или иного соотношения спектров различных компонент в фонографии вряд ли целесообразно. Мало того, надо радоваться отсутствию общности в оценках экспертов, ибо в противном случае была бы угроза оказаться во власти безжалостных стандартов, исключающих художественный, творческий подход к фонографической колористике.

Тембральная композиция при стереофонической или другой пространственной передаче не может не учитывать графической звуковой структуры. Поскольку наши психоакустические свойства связаны с природой бинаурального восприятия, то можно говорить не только о сугубо пространственном, но и о пространственно-спектральном различении звуков, идущих с разных сторон.

Подобно тому, как при зрительном восприятии светлое лучше различимо на тёмном фоне, или, ещё пример, — зелёное на пурпурном, наш слух легче дифференцирует спектральную картину, если её компоненты, локализованные в одном или хотя бы близких стереометрических азимутах, располагаются в различных частотных областях. И наоборот, спектрально схожие виртуальные источники звука, находящиеся в азимутально противоположных участках фонографической картины, сливаются гораздо меньше, нежели в том случае, когда слушатель «видит» их в одном и том же направлении.

Автором предложен так называемый **метод спектральных проекций**, на основании которого проще строить тембровую композицию. Этот метод учитывает взаимоотношения различных областей звуковых спектров аналогично взаимопроецированию цветов в изобразительных искусствах.

Кроме априорно контрастирующих или сливающихся звуков, локализованных в одном и том же направлении реальной или виртуальной картины (когда их спектральные акценты соответственно разнесены или близки друг к другу), сопоставление источников дополнительно усиливает или снижает многие слушательские впечатления, имеющие тембральную основу. Мало того, азимутально близкие **неизоморфные** виртуальные источники звука могут быть тембрально менее насыщенными, ибо единое стереофоническое направление, обеспечивая хорошие условия для взаимного сравнения, облегчает слушателю их различение.

Взаимные проекции позволяют повышать, к примеру, ощущение низких частот только за счёт того, что обладающий ими виртуальный источник лучше «виден» на фоне какого-нибудь высокочастотного звука.

Добавим, что два разных голоса, локализованных в полярно противоположных азимутах звуковой картины, не нуждаются в столь тонкой колористической доработке, особенно если у них существует различие текстового или инструментального свойства.

Согласно авторской гипотезе, подтверждённой на практике, для контрастирующих пар звуков вовсе не обязательно подбирать или формировать спектры сигналов с полярным отличием (крайние низкочастотные области — крайние высокочастотные), ибо в таком варианте контраст всегда кажется нарочитым. По той же оптической аналогии предлагается модель, подобная так называемому «цветовому кругу», где пары взаимно-дополнительных цветов (красный — голубой, синий — жёлтый, зелёный — пурпурный, и масса их оттенков) располагаются на противоположных концах диаметров (см. цветную иллюстрацию 6-10). Для целей фоноколористики в *tutti* аналогично воспринимаемые сочетания можно считать вполне достаточными в смысле тембральной рельефности, если пользоваться принципом условного круга, диаметры которого соединяют противоположащие частотные группы слуха.

Практика показывает, что натуральные звуки в меньшей степени нуждаются в фоноколористических уточнениях, нежели звуки синтезированные, в особенности если в музыкальной композиции используется один электронный инструмент для имитации различных голосов ансамблевой или, тем более, оркестровой фактуры. К тому же, широкий частотный спектр сигналов синтезаторов позволяет легко выделять в них те или иные области для тембрального разнообразия с помощью даже простых параметрических корректоров, и в большинстве случаев неестественность звучания не усугубляется, скорее наоборот: точно подобранная частотная коррекция, подчёркивание псевдоформантных зон, характерных для имитируемого музыкального инструмента, особенно при соответствующей диффузной окраске создаёт ощущение достоверности.

Широкоспектральное изложение ударных инструментов в современных записях эстрадной, популярной и рок-музыки предоставляет звукорежиссёру большие удобства в тембральной отделке

остальных голосов фонографической картины, так как звучание ударных почти постоянно выполняет функцию некой координаты, по отношению к которой легко оценивать не только плановые, но и спектральные (тембральные) положения.

Нужно сказать, что колористическая гармония в фонографии достигает максимального эффекта, если сливающиеся голоса излагаются звуорежиссёром с их равновесием и по другим признакам: громкостному, размерно-пространственному, по типу специфической обработки. В то же время различие хотя бы в одной из этих характеристик уже само по себе может привести к фонографическому контрасту, к тембральному дисбалансу.

Если же осуществлять *тембровую динамику* сообразно драматургическим задачам, то открывается путь для изображения звукового действия, лишний раз подтверждающий богатые возможности художественной фонографии.

§ 6-5. Слуховая тренировка

Звуорежиссёры обязаны воспитать и постоянно поддерживать в себе способность детерминировать по восприятию разные спектральные области звуков. Этому значительно помогает звуковысотная избирательность слуха, хотя, как было сказано выше, объединение чувствительных волокон базилярной мембраны в критические группы ни анатомически, ни физиологически не адекватно степени точного восприятия высоты. Тем не менее, лёгкая тональная окраска полос розового шума, соответствующих по своим параметрам среднестатистическим частотным группам слуха, на первых порах обучения способствует выработке определённых навыков в оценке взаимосвязей между спектральным положением и тембральным ощущением.

Поскольку звуковысотные признаки полос шума ощутимо возрастают при их сужении до $Q = F \text{ центр.} / (F \text{ верхн.} - F \text{ нижн.}) = 5 \div 20$ (преимущественно, для средней части диапазона), то для начальных тренировок слуха можно употребить узкие полосы. Таким образом, слуховой анализатор обучающегося получит первые навыки в восприятии различных спектральных зон.

Сведения об «интонировании» узкополосных шумов приводятся в следующей таблице:

№№ п.п.	Цент- ральная частота полосы, Гц	<u>КАЖУЩАЯСЯ ВЫСОТА</u> <u>ИНТОНИРОВАНИЯ</u> Соответственно равномерно-темперированному строю
01	50	<i>Соль</i> контроктавы
02	150	<i>Ре-диез</i> малой октавы
03	250	<i>Си</i> малой октавы
04	350	<i>Фа</i> первой октавы
05	450	<i>Си-бемоль</i> первой октавы
06	570	<i>Ре бемоль</i> второй октавы
07	700	<i>Фа</i> второй октавы
08	840	<i>Соль-диез</i> второй октавы
09	1000	<i>Си</i> второй октавы
10	1170	<i>Ре</i> третьей октавы
11	1370	<i>Фа</i> третьей октавы
12	1600	<i>Соль</i> третьей октавы
13	1850	<i>Си-бемоль</i> третьей октавы
14	2150	<i>До-диез</i> четвёртой октавы
15	2500	<i>Ре-диез</i> четвёртой октавы
16	2900	<i>Фа-диез</i> четвёртой октавы
17	3400	<i>Соль-диез</i> четвёртой октавы
18	4000	<i>Си</i> четвёртой октавы
		далее — регистр идентифицируется плохо, но впечатления об интонации сохраняются
19	4800	<i>Ре</i> (пятой октавы)
20	5800	<i>Фа-диез</i> (пятой октавы)
21	7000	<i>Ля-бемоль</i> (пятой октавы)
22	8500	<i>До</i>
23	10500	<i>Ми-бемоль</i>
24	13500	<i>Соль</i>

Разумеется, кажущаяся высота звучания является приближенной, так как естественные флуктуации спектральных компонент, в особенности, по фазе, обуславливают некоторую тональную модуляцию. Но, в основном, таблицей можно пользоваться для тренировки внимания к собственным критическим полосам слуха, сверяя указанные данные со своими впечатлениями.

На следующей стадии слуховых тренировок нужно пользоваться уже более широкими шумовыми полосами, близкими к психоакустическим частотным группам. Эти шумы тонально менее окрашены, и учащиеся детерминируют их скорее по каким-либо косвенным признакам, носящим ассоциативный характер (прикус, цвет, образ, т. п.).

Так, если слушать попеременно полный спектр розового шума и любую из шумовых полос, то первый из них будет всегда казаться «неокрашенным», «белым», а шумовые полосы вызовут конкретные индивидуальные ощущения, запоминания которых и явятся результатом тренировки на данном этапе.

Следует заметить, что звуковысотные ощущения спектральных полос в реальных практических условиях, при работе над фоноколористикой, существуют далеко не всегда. Они могут наблюдаться, если производится экстремальный подъём АЧХ в какой-то области, да ещё при высокой добротности корректора. В остальных же случаях «тембральные интонирования» маскируются основными тонами звуков. В свою очередь, характер тембральной окраски розового узкополосного шума также несколько отличается от таковой применительно к натуральным акустическим источникам.

Однако, упражнения для частотных групп с помощью шумовых полос произвольно активизируют наши способности к практическому слуховому спектроанализу, подобно тому, как формальные в музыкальном смысле этюды для беглости пальцев знаменитого Карла Черни развивают технику пианиста.

Итак, для слуховой тренировки рекомендуются следующие упражнения:

Упражнение 1. Прослушивание 24 полос розового шума с шириной, соответствующей критическим полосам слуха. Продолжительность звучания каждого спектрального участка может составлять $5 \div 10$ секунд.

Упражнение 2. Прослушивание с подобным хронометражом чередований нефильтрованного розового шума и шумовых полос.

Упражнение 3. Поочерёдное прослушивание нефильтрованного розового шума и коротких отрезков речевых или музыкальных записей, обработанных полосовыми фильтрами с параметрами, отвечающими частотным группам слуха. Для занятий необходимы фонограммы с широким спектральным составом.

К этому упражнению в процессе обучения следует обращаться регулярно, используя высококачественные записи речи и *solo* различных музыкальных инструментов, ансамблей, хоров, оркестров.

Упражнение 4. Употребляя тот же фонографический набор, поочерёдно прослушивают **фильтрованные** отрезки шума и музыки (речи). При этом хорошо тренируются слуховые реакции на характер спектральных экстремумов применительно к тем или иным естественным звучаниям.

Упражнение 5. В спектре шумового, речевого или музыкального материала путём многополосной избирательной фильтрации создаются изломы величиной $\approx 5\text{--}10$ дБ на частотных участках, соответствующих той или иной критической полосе слуха, актуальной при восприятии широкополосных сигналов. Сравнительное прослушивание исходного и обработанного материала развивает чувствительность к тембральным изменениям, к псевдоформантным областям звуковых спектров.

Упражнение 6. Поочерёдное прослушивание указанных тестов в произвольной последовательности различных участков дополнительно тренирует сравнительное детерминирование получаемых окрасок.

Наивно полагать, будто задачей перечисленных упражнений является безошибочное определение на слух номера частотной полосы спектра. Цель состоит лишь в умении быстро ощутить разницу в спектральной окраске звука, коль скоро она присутствует, и детерминировать её хотя бы с октавной точностью. При этом надо учесть, что критические полосы №№ 5 и 6 (450–570 Гц), находящиеся на границе различных психоакустических оценивающих

механизмов, воспринимаются слушателями почти одинаково, в отличие, к примеру, от полос №№ 13–21 (1850–7000 Гц), где разница в звучании соседних вариантов заметна очень хорошо.

Молодые звукорежиссёры, чередуя в различных сочетаниях указанные упражнения, постепенно вырабатывают навыки творческого управления корректорами АЧХ. И эта слуховая тренировка со временем увеличивает частотную избирательность наших ушей, что воспитывает у новичков чувство целесообразности в применении электроакустических средств или использовании в колористических целях естественных свойств источников звука.

§ 6-6. Исполнительские влияния на тембр

Мастерское владение музыкальным инструментом открывает огромное число его свойств, не входящих в область априорных тембральных признаков. Это — так называемые характерные тембры, обязанные своим существованием исполнительским приёмам, штрихам, способам звукоизвлечения, вызывающим тембровую динамику, оказывающуюся в своей выразительности гораздо действеннее динамики громкостной. Надо заметить, что последняя в чистом виде существует редко, ибо она так или иначе связана с тембральными изменениями, и сложно сказать, что из этих двух категорий в «живом» звучании причина, а что — следствие, настолько исполнительское искусство являет собою сложное переплетение силы и краски, эмоции и мысли. Оттого и восприятие одних и тех же штрихов даже с одними и теми же музыкальными инструментами далеко не однозначное, не говоря уже о том влиянии на слушательские ощущения, которое оказывает контекст.

Музыковедческая литература изобилует самыми разнообразными описаниями впечатлений, вызываемых приёмами исполнения. В задачу этой главы отнюдь не входит педантичная классификация выражений многих авторов, сколь бы даже совпадающими они ни были. Колористические оттенки исполнительских привнесений нужно, скорее, знать в связи с той эстетической системой, что заключена в палитре специфических обработок звуковых сигналов, используемых современными режиссёрами как, в частности, для «оживления» музыкальных синтезаторов, так и для обогащения звучания некоторых естественных источников, когда

недоступность штриховой гаммы может стать досадным препятствием на пути к выбранному фонографическому решению. А поскольку богатейшая культура музыкального исполнительства являет обилие выразительных средств, заключённых именно в красочности приёмов, то этот опыт всегда даст верную подсказку, ибо любому звучанию, полученному с помощью технической обработки электроакустического сигнала можно наверняка отыскать аналогию, по меньшей мере образную, в мире естественного музицирования. Сказанное, впрочем, вовсе не означает, что любой исполнительский штрих может быть заменён технической манипуляцией. Далеко не всё, что подвластно человеку, владеющему своим музыкальным инструментом, можно изобразить электронным устройством. Здесь важно усвоить принципы подобий, облегчающие на практике поиск нужных средств.

Эмоциональное воздействие того или иного исполнительского приёма, штриха, зависит, как уже говорилось, от контекста, составными частями которого являются также и другие, сопутствующие приёмы, динамические оттенки, общая окраска, сюжет, т. п. Поэтому нелепо в тексте настоящего параграфа искать конкретные инструкции-рекомендации по художественному использованию технических средств звукорежиссуры. Но исторический музыкальный опыт показал, что можно почти с уверенностью указывать на совместимость определённых *тенденций* в слушательских ощущениях. Кроме того, исполнительские приёмы, поддающиеся формальному физическому, акустическому описанию, могут быть *имитированы* на аппаратном уровне. И каждый звукорежиссёр вырабатывает для себя систему эстетических связей, неразрывную с его профессиональной культурой, и определяемую его концепцией звукового произведения.

Получаемые таким образом специфические краски образуют ещё одну из сфер фоноколористики.

Исполнительские приёмы естественного музицирования во многих случаях представляют собой того или иного рода модуляции. Так, *tremolo* у струнных инструментов реализуется быстрыми, попеременными по направлению движениями смычка у скрипок, альтов, виолончелей и контрабасов, или медиатора (ногтей) у щипковых инструментов. С электроакустической точки зрения *tremolo* адекватно амплитудно-импульсной модуляции сигнальной огибающей, причём форма модулирующих импульсов колеблется

от прямоугольных (щипковые инструменты) до треугольно-трапецидальных (у смычковых).

Исполнительскому *tremolo* всегда сопутствуют какие-нибудь дополнительные громкостные изменения и обилие чисто механических нюансов звукоизвлечения, следовательно, обертоновый состав спектра инструмента также подвержен некоторой динамике.

Эстетические эффекты, рождаемые *tremolo*, зависят как от контекста, так и от нюансировки и регистра, в котором этот приём используется. В нижнем и среднем регистрах, в нюансах *p – mf*, *tremolo* может выражать беспокойство, возбуждение, тревогу, страх. Эмоциональный накал может дойти до неистовства, если *tremolo* исполняется *fortissimo* в относительно высокой, пусть и не предельной тесситуре.

А вот звучащее *pianissimo* на очень высоких нотах скрипок, оно даёт ощущение трепета, воздушной дымки, рассвета, чего-то очень нежного, небесного, мерцающего.

Разновидностью *tremolo* (при его пониженной глубине) является *амплитудное vibrato*, употребляемое, в основном, на духовых инструментах с фиксированными интонациями (наиболее яркий пример тому — флейта).

Музыканты используют модуляции звука не только по амплитуде (громкости), но и по высоте. Так исполняются трели (*trillo*) и *высотное vibrato*. *Trillo* — циклически изменяемая интонация в пределах непрерывного звукоизвлечения. Отклонения от средней высоты звучания могут составлять величину от полутона до кварты или квинты, что зависит от конкретных аппликатурных особенностей музыкальных инструментов.

В случае *высотного vibrato* отклонение от средней интонации бывает меньше полутона, и этот приём сопровождается ещё и циклической амплитудной модуляцией. Необходимо заметить, что *высотное vibrato* доступно даже инструментам с фиксированными интонациями, благодаря небольшой свободе, предоставляемой способами этой фиксации и механизмами звукоизвлечения. Однако, девиация высоты у этих музыкальных инструментов может происходить и скачкообразно (гаммаобразно).

Существует так называемое *тембровое vibrato*. Этот эффект достигается циклическими вариациями избирательной частотной характеристики передачи звука, достигаемыми музыкантами; экстремум АЧХ перемещается по спектру от низких частот к вы-

соким и обратно. Очень давно такой исполнительский приём используется трубачами при игре с сурдиной, которую то вставляют в раструб инструмента, то вынимают из него. По сути дела, музыканты создают акустический резонансный фильтр с изменяемыми параметрами.

Как *trillo*, так и *vibrato* несут в музыке свет, оживление, в особенности, если они исполняются на статичном в тембрально-интонационном отношении фоне. Некоторые исследователи в области музыкальной акустики полагают, что эти приёмы также усиливают качество, именуемое «полётностью», хотя и такое утверждение базируется, пожалуй, на ассоциативной основе (трель — у птиц).

Характер впечатлений от *trillo* связан с регистром, в котором она исполняется. Так, *trillo* в конце третьей октавы (F осн. = 1500–2000 Гц) — пронзительна, особенно у флейты-пикколо. Напротив, *vibrato* и *trillo* в низких регистрах создают ощущение чего-то массивного и грубоватого, причём тем сильнее, чем шире трельный интервал.

Оптимальная с эстетической точки зрения частота модуляций амплитуд или высот звуков в описанных приёмах составляет величину порядка 4–8 Гц.

Существует ещё один весьма распространённый исполнительский приём — *glissando*, игра «скользящим тоном». У музыкальных инструментов со свободным интонированием, например, у безладовых струнных или тромбонов высота звука в пределах глиссандирования изменяется плавно; у инструментов с фиксированными интонациями — по хроматическому или диатоническому звукоряду.

Объективная характеристика приёма — плавное или, соответственно, ступенчатое изменение частот основных тонов и их гармоник. Для музыкальных инструментов со слабо выраженными обертонами и формантами или отсутствием таковых *glissando* адекватно транспозиции всего спектра Фурье.

Как правило, выразительные эффекты *glissando* носят комический характер, особенно, если это поддерживается контекстом. Но, в сочетании с иными приёмами, могут рождаться образы, несущие конкретную изобразительную нагрузку, вызывающие вполне определённые ассоциации. Например, *glissando* тремолирующими нотами низкого регистра при соответствующей драматургии может изображать завывание бури.

Glissandi, исполняемые разными участниками ансамбля или оркестра одновременно, но не согласованно, то есть в спонтанных метрических сочетаниях, дают ощущение развязности, неясности, неустойчивости.

Staccato, укорачивание длительности звуков, при нюансировке *mf* – *ff* выражает, к примеру, сосредоточенность, уверенность, а при *pp* – *mp* — застенчивость, скромность. Последнее очень убедительно у скрипок, альтов и виолончелей, когда *staccato* исполняется не смычком, а щипком (*pizzicato*).

Впечатление чего-то лихого, подчас хулиганского возникает от *staccato*, совмещённого с коротким *glissando* на затухающих струнах гитар.

Много раз упоминавшаяся яркость атак означает один из видов музыкального акцентирования. Акценты также относятся к разряду исполнительских штрихов. Игра отдельных звуков, реплик или предложений, когда в них ничего не акцентируется, делает музыку малопривлекательной, индифферентной и вялой, если, впрочем, последнее не продиктовано концепцией. И наоборот, акценты укрепляют контакт между исполнителями и слушателями, активизируют восприимчивость к отдельным голосам, группам инструментов, как в *solo*, так и в фактуре. Они всегда придают музыке энергичность, накал. Соединённые с различными исполнительскими приёмами, акценты катализируют их воздействие на слушателя.

Целесообразно заметить, что создание искусственных акцентов безусловно компенсирует известную эмоциональную недостаточность в музыке синтезированного типа.

В современных популярных жанрах, в частности, в рок-музыке большие совокупности акцентов породили некий звуковой приём, именуемый английским словом *drive*, что в вольной редакции понимается, как «напор» (иногда употребляется вовсе даже не музыкальный термин «агрессивность»). Так или иначе, это лишний раз доказывает, сколь велико значение акцентов в сенситивном плане.

Несколько звуков, образующих реплику, фразу, предложение, могут исполняться *legato* (связно), при движении смычка у струнных инструментов в одном направлении, отсутствии межзвучного демпфирования у щипковых и клавишных, непрерывной струе воздуха — у духовых. В *legato* не слишком очевидны атаки внутри

фразы, и движения детерминируются, преимущественно, по высоте тонов. Как правило, фрагменты, исполняемые *legato*, носят кантиленный (напевный) характер, особенно в медленной музыке, где такой штрих сообщает произведению тонкие лирические (в *piano*) или наполненные, глубокие (в *forte*), особенно в низких регистрах, оттенки. *Legato* в подвижных коротких репликах делают их в большинстве случаев компактными и убедительными. Возникают ассоциативные впечатления взлётов или падений, если звуковысотные движения соответственно восходящие или нисходящие.

В противоположность предыдущему, не связанное исполнение отдельных звуков (*non legato, marcando, marcato, detache*) придаёт музыке целеустремлённость, энергичность, даже тяжеловесность (особенно в *forte*). В то же время при нюансировке *piano* может иной раз возникать впечатление затаённости, но отнюдь не аморфного свойства, а словно кто-то лелеет определённый замысел. В таких эпизодах всегда появляется ощущение какого-то ожидания.

Разумеется, далеко не все музыкальные штрихи и артистические приёмы, тем более, в их разнообразных сочетаниях, приведены в этом параграфе. Эти скромные описания даны для того, чтобы знать естественные и традиционные аналогии тем характерным результатам специфических обработок звука, о которых пойдёт речь в следующей главе.

Глава 7

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ ПАЛИТРА ЗВУКОРЕЖИССЁРА

Вплоть до 70-х годов XX столетия вопросам специфической обработки звука уделялось мало внимания. Во-первых, оттого, что звукозапись изначально считалась средством электроакустического протоколирования, и даже монтаж фонограмм принимался в штыки приверженцами «истинности» музыкальных или литературно-драматических передач. Во-вторых, недостаточно развивалась специальная электронная техника, способная помогать звукорежиссёрам в реализации их художественных исканий. Шутка ли сказать, — в былые времена для получения всего лишь однократной задержки сигнала нужно было пользоваться огромным студийным магнитофоном с так называемым «сквозным» каналом, то есть, совокупной работой трактов записи и воспроизведения.

К сожалению, уже две эти причины значительно мешали звукорежиссёрам-энтузиастам, пытавшимся исследовать эстетические стороны нестандартной трансформации звука, выходявшей за рамки привычных регулировок уровня передачи или простейшей коррекции АЧХ. Результаты же отдельных находок потрясали не только слушателей, но и коллег — профессионалов звукорежиссуры. Однако специфическое звучание своей экстравагантностью возводило такие барьеры для дальнейшего использования с трудом найденных средств, что они оказывались пригодны лишь в фонографиях детских сказок или произведений эстрадных жанров, да и то в тех случаях, когда артисты и авторы не находились под гнётом стереотипов натуральных звуков и не боялись надуманных запретов.

Надо сказать, что прогресс в нестандартной обработке звука наблюдался больше в кинематографии, чем в иных художественных областях, связанных со звукозаписью (радио, телевидение, грамзапись). Огромная, по тем временам, палитра изобразительных средств кино, неуёмная фантазия кинорежиссёров и кинооператоров, тяга к свободному творчеству во всех его проявлениях устремляли и звукорежиссёров (по-киношному — звукооператоров)

к поискам новых методов для достижения максимальной выразительности звукового ряда.

Эти эстетические исследования не оставляли равнодушными и технических работников в сфере электроакустики и звукотехники. И в распоряжении звукорежиссёров стали появляться приборы, существенно меняющие природу электроакустических сигналов, подвергающие их такой художественной трансформации, что полученные звучания по своей выразительности смело спорили с изобразительными находками.

Ленинградское конструкторское бюро киноаппаратуры совместно со звукоцехом киностудии «Ленфильм» создало устройство для звуковысотного транспонирования с сохранением продолжительности звучания (такая функция существует в современных компьютерных аудиоредакциях под названием *pitch shift & preserve duration*).

На киностудии «Беларусьфильм» был изготовлен прибор для многополосного сжатия динамического диапазона с возможностью компенсационного усиления, современным программным аналогом которого можно считать компьютерный плагин *L3 MultiMaximizer* израильской акустической фирмы «*Waves*».

Уникальные исследования доктора технических наук профессора Ю. М. Ишуткина по электроакустическим приложениям гильбертовой математики, увы, не оконченные из-за его преждевременной смерти, в будущем, надеюсь, откроют принципиально новые пути, как в конструировании устройств нестандартной обработки звука, так и в поиске художественных феноменов.

Звукорежиссёрские находки вызывали огромный интерес у музыкальных авторов. Композиторы-новаторы, к примеру, москвич Эдуард Артемьев или ленинградец Сергей Самойлов, с радостью питали своим творчеством зарождающуюся художественную звукопись, как в музыке для кино, так и в виде самостоятельно-го искусства (вспомним музыку Э. Артемьева к фильмам Андрея Тарковского и Никиты Михалкова или грампластинку с импровизациями С. Самойлова «Антигравитация»). Огромное влияние на исследование и развитие звуковых новаций оказал знаменитый звукорежиссёр и автор музыки к ряду мультфильмов Виктор Бабушкин.

А появление легендарной фонографии рок-оперы Эндрю Ллойд Веббера «**Jesus Christ — Superstar**» или альбомов группы

«Pink Floyd», созданных известнейшим мастером звукописи Аланом Парсонсом, и записи на отечественных грампластинках произведений Давида Тухманова, Александра Журбина, Алексея Рыбникова, Александра Колкера окончательно утвердили справедливость активного звукорежиссёрского воздействия на акустический материал и жизнеспособность нетрадиционных звукоизложений во имя достижения максимальной выразительной силы.

В этой главе снова пойдёт речь о звуковых красках.

Они могут быть априорно свойственны акустическим, в частности, музыкальным, источникам, и тогда мы, в дополнение к предыдущему, будем говорить, как проявить, подчеркнуть естественную колористику, если по каким-либо причинам она «недоозвучена».

Нужные краски могут принадлежать постороннему звуковому объекту, но мы попробуем применить их к нашему, доселе бесцветному.

Наконец, мы познакомимся с тем, как в корне менять природу звука, придавая фонографическому образу новый смысл, преследуя решения драматургических задач, создавать звучания, не имеющие естественных акустических аналогий.

Надо сказать: до сих пор находятся музыканты, слушатели и коллеги-звукорежиссёры, возражающие против нестандартной обработки звука, и не только тогда, когда создаваемые краски неубедительны или противоречат реальной акустической природе, а потому, что специфическое звучание отдаёт «синтетикой», следовательно, по мнению оппонентов, уничтожает живое человеческое начало. Они считают, что запись натуральных источников звука, даже при их возможном несовершенстве, должна хранить авторскую выдумку и результат работы артиста-музыкального исполнителя, а не быть плодом каких-то звукорежиссёрских фантазий.

На это можно ответить, по меньшей мере, тремя контраргументами:

1. В большинстве случаев специфическая обработка звука призвана, как уже было сказано, подчёркивать, усиливать, выделять то, что рождено самим акустическим источником и исполнителем.
2. Как правило, специфическую обработку звука нужно производить непосредственно при исполнении музыкального материала, так как на результат обработки существенно

влияет характер звукоизвлечения, акустические особенности натуральных штрихов, протяжённость, связность звуков, т. п. Следовательно, участие артиста с его «человеческим началом» может уже не подвергаться сомнению, пусть даже итоговое звучание по своим формальным признакам явится сверхнатуральным. Ведь всё равно при этом оно не будет сгенерировано электронным синтезатором, или воспроизведено мёртвым запоминающим устройством.

3. Ни один профессиональный мастер фонографии не прибегнет к нестандартной трансформации сигналов, если в результате внутренняя сущность звука будет противоречить его эстетическому смыслу, общей драматургии, авторской идее.

А если звукорежиссёр действует произвольно, по принципу «куда хочу, туда и ворочу», то лучшее, на что он может рассчитывать в оценках студийных соратников, это — на обвинение во вксовщине.

Отличным резюме сказанному, на мой взгляд, могут служить строки Иосифа Бродского из стихотворения «Подсвечник»:

*Наверно, тем искусство и берёт,
Что только уточняет, а не врёт.*

§ 7-1. Краткий обзор способов электроакустической обработки сигналов

Условимся считать традиционными те способы обработки звука, соответствующие устройства для которых входят, по сложившимся стандартам, в конструкции звукорежиссёрских пультов (см. главу 2). Это — ручные и полуавтоматические регуляторы уровня звукопередачи (*Line faders*) и **нединамические** корректоры АЧХ (*Line equalizers*). Выполняемые ими электрические обработки сигналов, с технической точки зрения, являются линейными хотя бы уже потому, что они не добавляют в их частотный спектр новых составляющих. Практически стандартными стали также приборы для широкополосной динамической обработки сигналов (*Compressor, Limiter, Expander, Noise Gate*). Их применения, в основном, служебно-функциональные и, пусть известны случаи использования динамических преобразований в эстетических целях, они тоже не изменяют спектральной природы звукового источника.

Художественные преобразования возникают тогда, когда принципиально меняется априорная морфология акустического источника. Так, например, «дрожит» в неестественном тремоло протяжённый звук трубы, валторны или тромбона, как будто партия исполняется медиатором на струнном щипковом инструменте, «взлетает ввысь», глиссандируя, фортепианный аккорд, или в виолончельном *crescendo* предстаёт вдруг перед слушателем гитара, играющая соло «не своим голосом». И вовсе уж экзотическим явится струнный оркестр, произносящий в своём звучании человеческие слова.

Заметьте: перечисленные эффекты абсолютно несвойственны самим указанным источникам, ни при каком мастерстве исполнителей! И только лишь специфическая звуорежиссёрская обработка способна придать звукам такие неожиданные качества.

Сегодняшние методы нестандартной обработки звука, электроакустической или соответствующей компьютерной, делятся на несколько типов:

- **Динамическая коррекция АЧХ** — средства тембральной акцентировки или уточнения спектрального баланса в звучании.
- **Электроакустические имитации** — для создания иллюзии работы звуковоспроизводящей аппаратуры, в частности, громкоговорителей.
- **Намеренные искажения сигналов** для получения особой акустической окраски или для принципиального изменения звуковой природы.
- **Управление атаками звуков** — средства нивелирования тембральной принадлежности или передачи некоторых тембральных свойств голосам другой природы.
- **Звуковысотные изменения** — не только для исправления неточных интонаций, но и для создания специфических звуковых образов.
- **Задержки звуковых сигналов** как способ драматургического усиления или получения специфического тембра.
- **Различные автоциклические модуляции** — получение вибрато всевозможных видов.
- **Перекрёстные модуляции** — способы сообщения звуку аномальных, экзотических качеств.

- **Диффузная окраска звука** как средство наиболее естественной колористики.
- **Создание искусственных звуковых формант** для тембрального обогащения фонографических объектов.

Анонсы некоторых специфических средств воздействия на звуковые сигналы читатель встречал в предыдущих главах.

Разумеется, указанные типы обработок могут группироваться, и палитра получаемых звуковых красок значительно обогащается. Но не следует забывать, что последовательность только линейных операций не влияет на конечный результат, иными словами, как учили в начальной школе, лишь сумма не меняется от перемены мест слагаемых. Из перечисленных же видов обработки только динамическую коррекцию спектра можно считать линейной процедурой, да и то с известным приближением. Так что сочетания разных средств с перестановками порядка их действия возводят наши возможности в ещё большую степень.

Если же учесть свойства стереофонической или многоканальной пространственной фонографии, то в сочетании с ними колористические средства, пожалуй, окажутся способными решить любую звукоизобразительную задачу.

Конечно, для поиска нужного физического устройства обработки, собственных возможностей компьютерной программы или плагинов (*plugin's*) можно действовать спонтанно, в надежде наткнуться на что-нибудь «подходящее», и это особенно свойственно новичкам. Но лучше, как всегда, изучить **принципы** воздействия на звуковой сигнал различных обрабатывающих средств, и тогда с опытом приобретается собственная методология, скорость и точность в выборе нужной краски.

Поскольку подавляющее большинство коллег в своей деятельности пользуется электроакустическими комплексами на основе персональных компьютеров IBM, анализ способов специфической обработки звука мы будем проводить на примерах работы аудиоредакторов «*Samplitude PRO*» фирмы *Magix*, (версии — не ниже 7), *Sound Forge* фирмы *Sonic Foundry* (версии 5 или выше) и *Audition* фирмы *Adobe* (версии — не ниже 1.5), с использованием их собственных средств (встроек) или плагинов, созданных фирмами *Waves*, *Sonic Foundry*, *Cakewalk*, *Timeworks*, *Ultrafunk Sonitus* и др.

§ 7-2. Динамическая коррекция амплитудно-частотных спектров звуковых сигналов

Эта, в общем, линейная, обработка звука способна активно подчёркивать или нивелировать отдельные участки его частотного спектра. Причём, в отличие от обычных корректоров АЧХ, сама динамика текущего сигнала здесь управляет функционированием собственной программной встройки или плагина.

Принцип действия динамических корректоров АЧХ восходит к известным авторегуляторам динамического диапазона звуковых сигналов — экспандерам или, что чаще, компрессорам, а также ограничителям с возможной компенсацией понижения уровня (*maximizers*). Отличие состоит в том, что сигнал обрабатывается не целиком, а лишь в отдельных частях его спектра.

Необходимость такой обработки звука бывает продиктована, по меньшей мере, четырьмя причинами:

1. Когда те или иные спектральные области фонограммы несбалансированны с соседними, причём этот дисбаланс проявляется не постоянно, а только если уровень записи достигает определённых значений (суть — пороговых), либо в тех эпизодах, где музыкальная композиция перегружена голосами одноимённых регистров. Такое наблюдается в записях популярной эстрадной музыки, рок-музыки, причём указанные дефекты могут быть следствием неудачного мониторинга: например, при недостаточном воспроизведении низких частот, незаметно для слуха в этой части спектра перегрузка может возникнуть при громком одновременном звучании большого барабана ударной установки и некоторых нот бас-гитары. «Перекося» в сторону низких частот, даже с заходом в инфразвуковую область, может происходить при возникновении биений от неточного унисона группы духовых инструментов свободного интонирования (тромбонов), особенно, когда они играют *forte*, или в записи громко поющего унисонного мужского хора.
2. Избирательное компрессирование звуковых сигналов (в частотных полосах порядка 2000–8000 Гц) применяют для устранения подчёркнутости звонких, шипящих и свистящих согласных человеческой речи, если этих дефектов не удалось избежать в ходе микрофонного приёма.

3. Избирательное экспандирование используется при борьбе с шумом, имеющим спектральную определённую. Так, например, уменьшают фон, наведённый сетью переменного тока. В отличие от методов широкополосного шумопонижения, данный способ не уменьшает сигналы, лежащие вне экспандируемой частотной области.

Интересен один из первых видов динамических корректоров АЧХ — так называемый «фильтр шума иглы», применявшийся в некоторых проигрывателях грампластинок. Как только уровень полезного сигнала уменьшался настолько, что шипение и потрескивание грампластины становилось доминирующим, плавно включался автоматический фильтр нижних частот, и слуховое восприятие указанных дефектов, спектр которых лежит, преимущественно, в высокочастотной области, заметно снижалось.

4. Если три предыдущие пункта описывают формально-технические обстоятельства, то сейчас надо указать на художественные обоснования избирательной динамической коррекции АЧХ.

Как уже известно, спектр любого звучания состоит из набора актуальных частотных областей, формирующих совокупный тембр. Маслянистость, мягкость, гнусавость, жёсткость, звонкость, — вряд ли эти определения нуждаются в дополнительных комментариях с точки зрения их принадлежности к той или иной частотной зоне. Неоспорима роль константных спектральных формант у человеческих или инструментальных голосов: именно они обеспечивают неповторимую тембральную индивидуальность.

Перечисленные краски, сколь бы тонкими они ни были, гарантированно слышны лишь тогда, когда их восприятию не мешают никакие сопутствующие звуки. Но если вспомнить о существовании психоакустической маскировки, особенно проявляющейся при прослушивании громкоговорителей, в отсутствие зрительных катализаторов разборчивости, «наводящих ухо» на естественный звучащий объект, то становится ясно, почему иные голоса представлены в фонографиях тусклыми, тембрально невыразительными.

Преодолеть это досадное маскирующее влияние и позволяют избирательные динамические авторегуляторы (*Multiband Dynamics, Multimaximizers*). Интерфейсы соответствующих компьютерных плагинов представлены на иллюстрациях 7-1, 7-2 и 7-3.

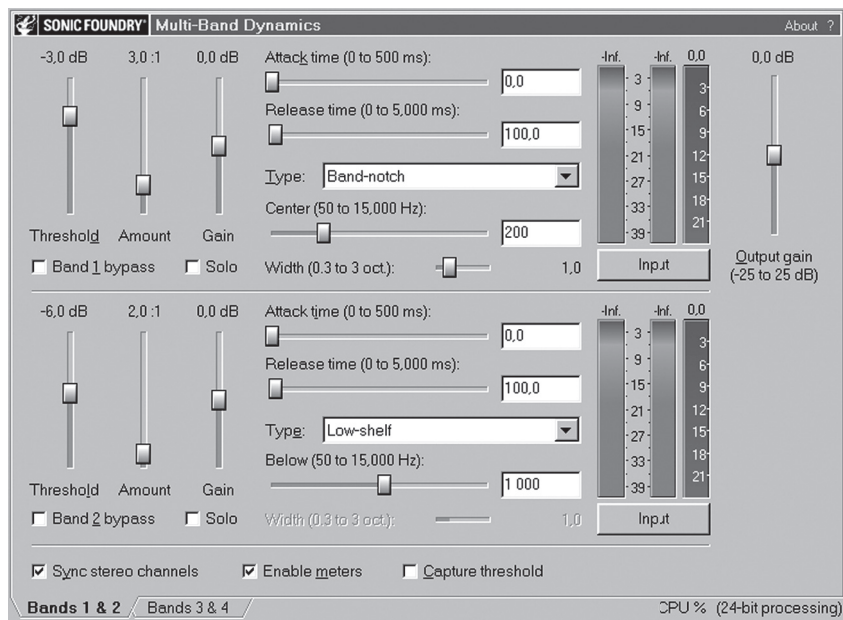


Иллюстрация 7-1.

Если охарактеризовать вкратце принцип действия указанных компьютерных средств, то он сводится к сжатию или ограничению динамического диапазона сигнала в заданных частотных областях с неременной компенсацией вносимого ослабления. Тем самым создаётся ощущение тембрального «прироста», который уже может соперничать с мешающим звуковым сопровождением.

Кроме управляемых параметров классических авторегуляторов сигнальной динамики (таких, как порог срабатывания — **Threshold**, степень сжатия — **Amount** или **Ratio**, превентивное усиление — **Gain compensation**, а также время срабатывания — **Attack time** и время восстановления — **Release time**), избирательные устройства ещё варьируют число обрабатываемых спектральных полос (**Number of Bands**), их ширину (**Width**), типы фильтров (**Band-notch** или **Shelf**), их положение на частотной оси, т. п.

Дополнительный сервис представлен в плагине **L3 Multimaximizer**, разработанном израильской электроакустической фирмой **Waves** (см. иллюстрацию 7-3). Кроме генеральных установок порога сжатия динамического диапазона с автоматическим компенсационным усилением (**Threshold**), выбора предельного выходного

уровня (**Out Ceiling**) и времени релаксации преобразователя, этот плагин позволяет регулировать коэффициент передачи в пределах ± 12 дБ, в 5 частотных полосах (**Gain**), как сепаратно, так и с приоритетом актуальной спектральной области (**Priority**); при этом передача других частей спектра автоматически ослабляется. Также независимо устанавливается время возврата динамических фильтров в исходное состояние при уровне сигнала в каждой полосе ниже порогового (**Release**).

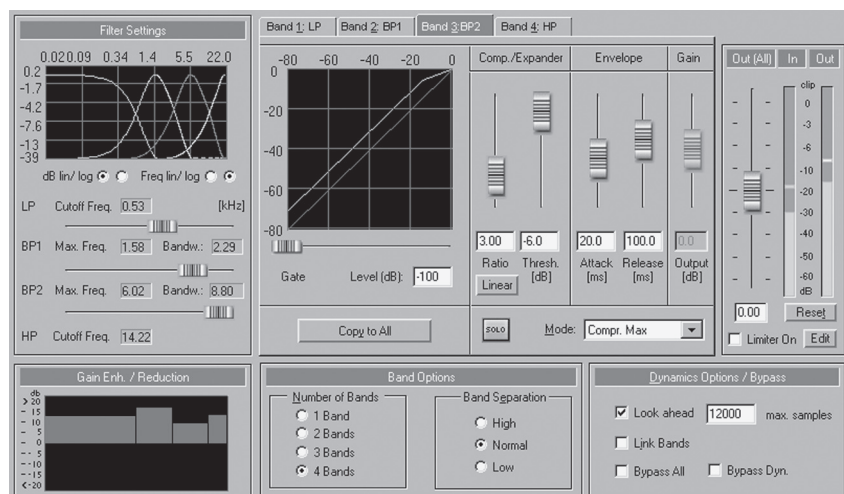


Иллюстрация 7-2.

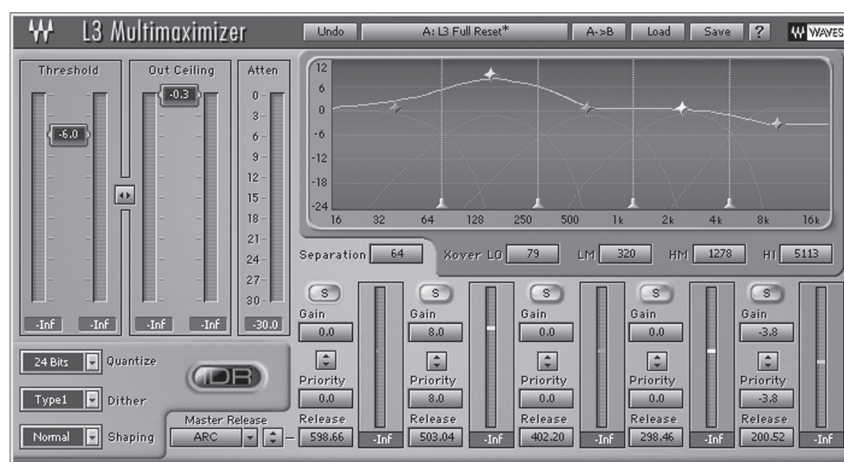


Иллюстрация 7-3.

Степень автономности (косвенно — крутизна полосовых разделений) соответствует мнемоническим величинам *Separation*, в пределах от 0 до 100.

Если вспомнить, что негармонические голосовые форманты у человека участвуют в фонации гласных звуков речи, то надо быть внимательным к возможному резкому изменению тембра вокалистов при пении различных гласных звуков: если таковое проявляется, то степень межполосового разделения в этом плагине стоит понизить.

Режимы «*S*» (*solo*) предназначены для проведения слухового анализа обрабатываемого звука в отдельных спектральных областях.

Примечание: поскольку *L3 Multimaximizer* допускает работу с цифровыми сигналами различных разрешений (от 16 до 24 разрядов), то при пересчёте форматов пользователю предоставляется стандартная для плагинов фирмы *Waves* опция *IDR* (*Increase Digital Resolution* — увеличение цифровой разрешающей способности с помощью так называемого шумового смещения — *Dither*). Подробности этой процедуры здесь не рассматриваются.

Работая с компьютерными аудиоредакторами в режиме реального времени, предварительный поиск подчёркиваемой частотной области иногда удобно вести, пользуясь не непосредственно динамическими полосовыми авторегуляторами, а однозвенными корректорами АЧХ (см. иллюстрацию 7-4), при низком уровне входного сигнала, максимальной степени избирательного подъёма с высокой (от 4 до 10) добротностью фильтра, так что в исследуемом сигнале при движении вдоль частотной оси (регулятор *Frequency*) легко обнаруживаются даже незначительные собственные спектральные экстремумы. Найденные числовые данные фильтра вносятся в параметры динамических избирательных преобразователей.

Ориентировочные координаты для такого поиска дают знания о формантах музыкальных инструментов и певческих голосов, приводимые в литературе по музыкальной акустике и, частично, в главе 6.

В процессе поиска могут обнаружиться какие-либо дополнительные спектральные краски, подчёркивание которых даст художественный эффект.

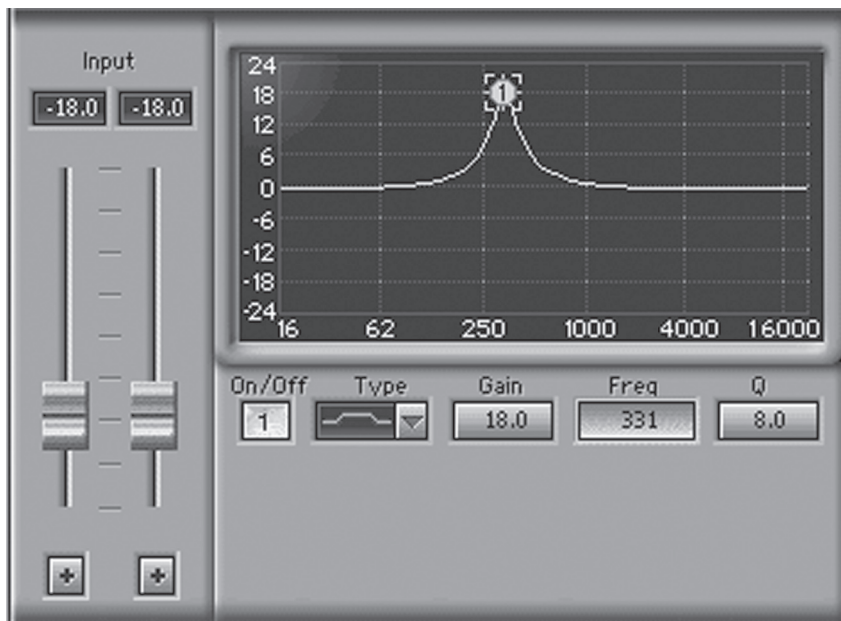


Иллюстрация 7-4.

Описанные устройства лишь подчёркивают то, что уже существует в исходном звуке, пусть и в малейшей степени. Но особое место в ряду перечисленных авторегуляторов занимают так называемые иксайтеры или психоакустические процессоры (*Multiband Exciters*, *Psychoacoustic Equalizers*). Внося в обрабатываемый сигнал мельчайшие гармонические искажения, эти устройства насыщают спектр дополнительными деталями, не вызывающими слухового протеста, поскольку природа человеческого восприятия сама рождает субъективные гармоники, тесно коррелированные с исходным звуком.

Ярким представителем такого компьютерного устройства обработки является плагин *iZotope Ozone* в режиме *Multiband Harmonic Exciter* (см. иллюстрацию 7-5). Здесь «генерации» гармоник могут создаваться в четырёх независимых частотных областях; автономно регулируется степень окрашивания звука (*Mix*).

Тип создаваемого гармонического ряда выбирается звукорежиссёром. Можно установить характер искажений, подобных таковым у ламповых усилителей («*Tube*»), тогда спектр обогащается нечётными гармониками, с мягким тембральным эффектом, либо,

в режиме «*Tape*», гармоника, преимущественно, чётные, и это создаёт более жёсткие ощущения. Вариант «*Retro*» использует полный гармонический набор. Степень искажений, точнее, количество порождаемых гармоник или длина гармонического ряда, соответствует параметру *Amt* (*Amount*).

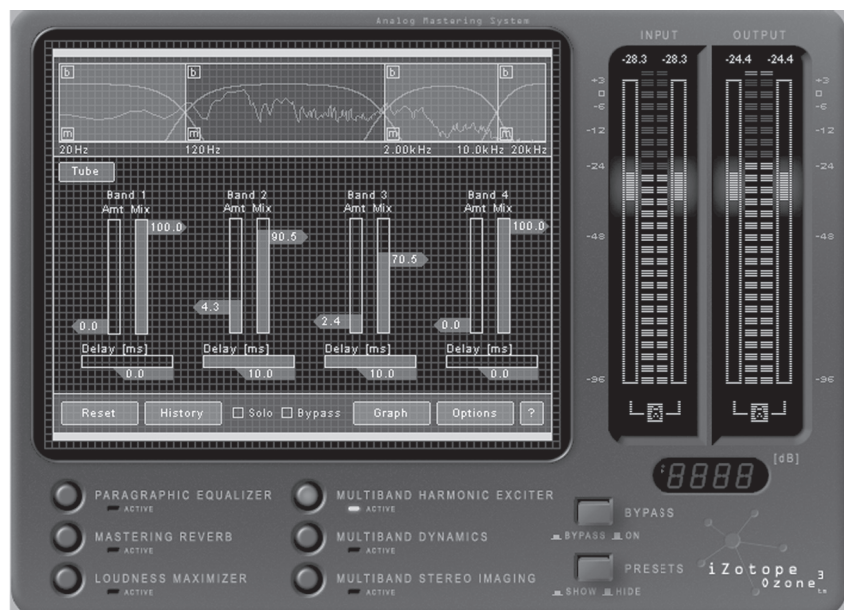


Иллюстрация 7-5.

Дополнительные возможности этого плагина состоят во временном отрыве продукта обработки от исходного сигнала, причём степень сдвига (*Delay*) регулируется отдельно для каждой спектральной области в пределах 0 ч 10 мсек. Забегая вперёд, скажем, что такая временная задержка придаёт обработанному звуку некоторую объёмность.

Наиболее благоприятные, в своём естестве, результаты удаются при использовании *Harmonic Exciters* для одноголосного музыкального материала. И если, теоретически, возможно их применение к сложно-смешанному звуку, например, такому, как полная оркестровая фонограмма, запись хора или фортепиано, то обработка может отдавать лёгким «электронным налётом», и это обстоятельство следует учитывать при обдумывании звукорежиссёрских действий.

§ 7-3. Имитация работы электроакустических устройств

Одной из разновидностей окрашивающих средств для обработки звука являются имитаторы звучания тех или иных электроакустических устройств (*Amplifiers simulation*). Используя статистические данные, эти средства обработки действуют как динамические фильтры, внося в сигнал характерные для усилителей и громкоговорителей неравномерности АЧХ, резонансы, искажения и даже звуковую диффузию, так сказать, микрореверберацию, свойственную корпусам звуковоспроизводящих акустических систем.

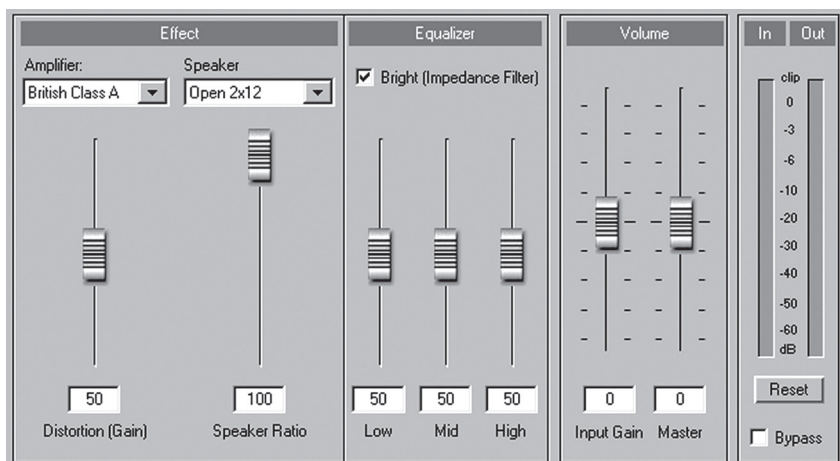


Иллюстрация 7-6.

Можно имитировать специфическое звучание старых радиоприёмников, телефонных аппаратов, ламповых и транзисторных усилителей, гитарных комбинированных устройств звукоусиления, т. п.

На иллюстрациях 7-6 и 7-7 приведены интерфейсы компьютерных плагинов- электроакустических имитаторов, действующих, соответственно, в аудиоредакторах «*Samplitude*» и «*Cakewalk*».

Управляемыми параметрами в них являются виды имитируемых электронных усилителей, формы АЧХ, регулируемые в трёх широких областях спектра (*Equalizer*), добавление резонансных призвуков (*Presence*), включение-выключение громкоговорителя (*Cabinet Enclosure*), степень вносимой им звуковой окраски

(*Speaker Ratio*) и степень нелинейных искажений сигнала, свойственная имитируемому устройству (*Distortion* или *Drive*).

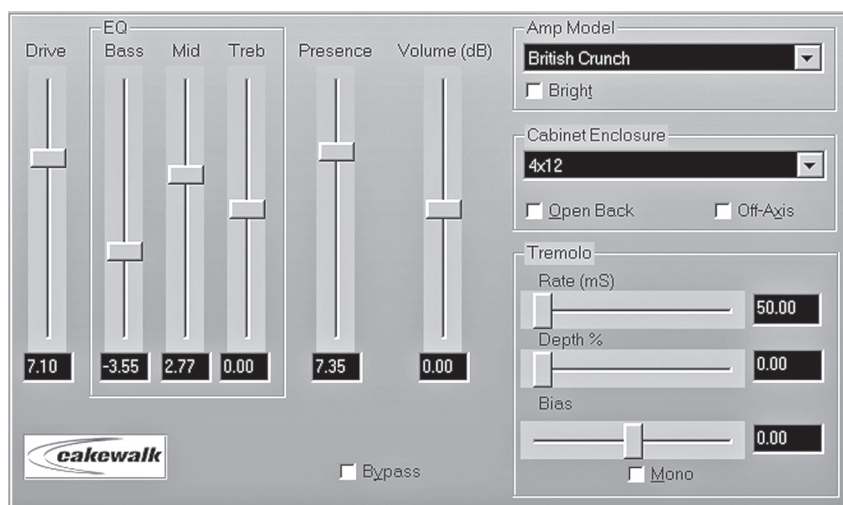


Иллюстрация 7-7.

Дополнительная краска *Tremolo*, предлагаемая в этом плагине аудио-редактором «Cakewalk», прямого отношения к электроакустическим имитаторам не имеет. Такой вид обработки звука мы рассмотрим ниже.

Традиционным является использование описанных компьютерных средств для обработки электрогитарных звучаний, если по объективным причинам их запись проводилась безмикрофонным способом. Во всяком случае, здесь стереотип диктует свои законы, и для большинства композиций они оказываются весьма точными. Необходимо только заметить, что получаемое звуковое качество существенно влияет на исполнительские ощущения, поэтому желательно применять указанную обработку ещё во время записи (в аудиоредакторе для этой цели плагин включается в режиме *live input mode*). Тогда штрихи, фразировка и динамика, поверяемые звучанием, окажутся с ним в убедительном акустическом единстве.

Как и в случае *Harmonic Exciters*, употребление электроакустических имитаторов для одиночных голосов оптимально, ибо звучание обработанной сложной фактуры будет восприниматься более «грязным», в особенности при включении искажений.

Но, разумеется, в этом замечании не следует усматривать запрет на использование данной обработки для создания драматургически обоснованных, специфических звуковых сцен, из каких бы компонент они ни складывались.

§ 7-4. Намеренные искажения сигналов

В середине 60-х годов прошлого века ощутимые искажения в звуке в некоторых случаях перестали считать техническим дефектом. И краска, о которой сейчас пойдёт речь, пришлось по вкусу так широко и быстро, что даже технические контролёры фонограмм вынуждены были смириться с новым электроакустическим качеством, казалось бы, оскорблявшим изнеженный слух.

Звучание электрогитар, употреблявшихся в то время в эстрадной и джазовой музыке, отличалось чистотой и мягкостью, но по мнению музыкантов авангардного звена и апологетов зарождавшихся вокально-инструментальных ансамблей, бывало подчас вялым, аморфным.

Нелинейные искажения, щедро вносимые тогдашними усилительными устройствами при их перегрузке, обратили внимание артистов на то, что в звучании одноголосных гитарных реплик не только возрастает ощущение громкости, но появляются энергичность, напор, — качества, получившие впоследствии английский ярлык «*drive*». С точки зрения спектральных трансформаций, это явление можно было объяснить сильным гармоническим обогащением простых сигналов. Особенное признание нашли симметричные искажения, порождённые нечётными гармониками, в отличие от более жёсткого звука, который получался при асимметричных искажениях.

И тогда инженеры-электроакустики предложили гитаристам радикальное устройство для создания искажений — так называемый триггерный преобразователь, превращавший сигнал, близкий к однотональному, в меандр, колебание прямоугольной формы с той же частотой. При желании, полученное звучание можно было смягчать с помощью простого фильтра нижних частот — интегратора; от этого форма сигнала приближалась к треугольной, в его спектре заметно снижался уровень высших гармоник (см. иллюстрацию 7-8).

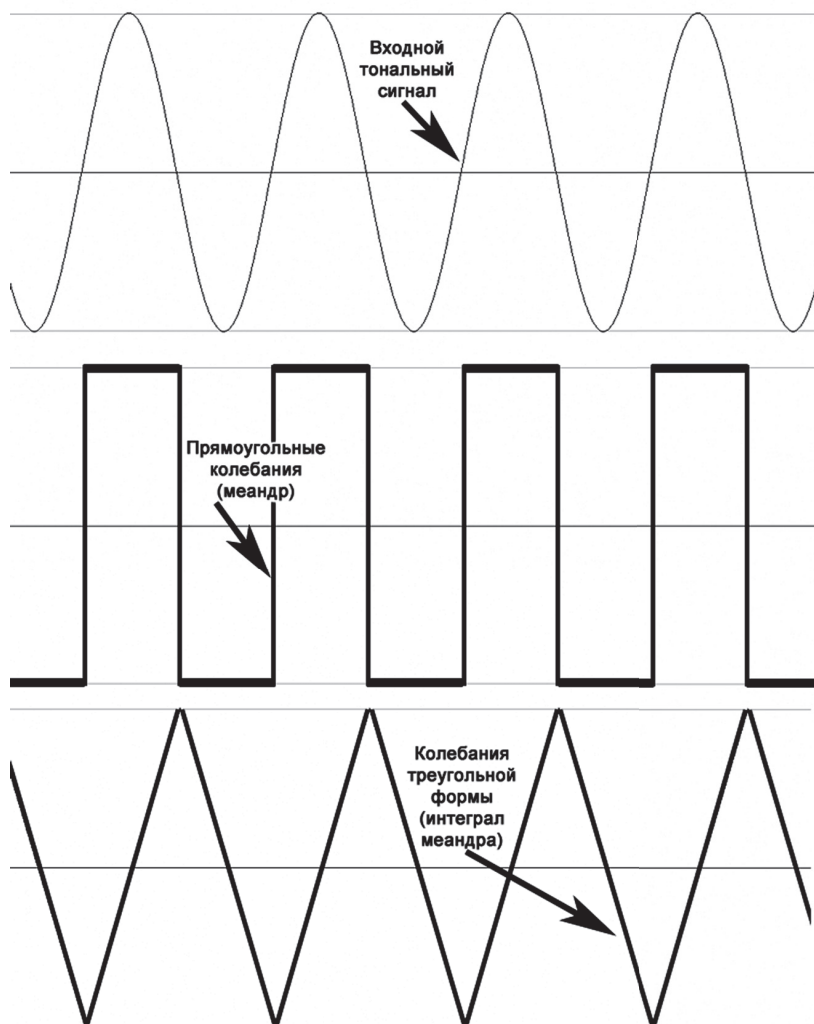


Иллюстрация 7-8.

Протяжённые звуки электрогитары становились зудяще-скрипящими, как бы покрытыми какой-то шумовой оболочкой, и в то же время стремившимися рассыпаться, превратиться в пыль. В некоторых музыкальных контекстах новое тембральное качество ассоциировалось с плотными слоями пушинок, застилающих взгляд, что породило английское название этого специфического звучания — *fuzz* (пух).

Триггерные устройства обеспечивали стабильную амплитуду выходного сигнала, даже если входной в некоторых пределах постепенно затухал, что свойственно гитарной струне. «Продлить жизнь» струнного звука было главной задачей гитаристов, применявших обработку *fuzz*. Для этого следовало сильнее прижимать струну к ладовым порожкам гитарного грифа, чтобы снизить её демпфирование; использовать вибрато, самовозбуждение при положительной акустической обратной связи, держа инструмент около громкоговорителя, т. п. Зато, играя на гитаре, можно было добиться звучаний, напоминавших, в зависимости от регистра, виолончель, трубу, скрипку, конечно, в нюансе не ниже *fortissimo*.

Ясно, что нужно было контролировать звукоизвлечение, отталкиваясь от результата обработки, поэтому обращаться к ней потом, на стадии перезаписи, оказывалось нецелесообразно, если не сказать безрезультатно.

Частоту сигналов прямоугольной формы с помощью несложной схемотехники можно было удваивать или делить пополам; получалось простое октавное транспонирование, каковая возможность способствовала ещё большему распространению триггерных устройств.

И всё-таки, несмотря на такое обогащение тембровой палитры, игра «с *fuzz*-ом» вызывала у музыкантов много неудобств. Дело не только в том, что, как было сказано выше, затруднялось применение этой обработки впоследствии, к записанному материалу, а это обязывало артистов к точному заведомому продумыванию их действий и увеличивало количество репетиций. Сигнал, поступавший от гитары на вход триггера, должен был обладать известной стерильностью. Неосторожные перемещения руки по грифу, небрежные снятия звука, случайные задевания соседних струн, — всё это немедленно превращалось в звуковую «грязь», равногромкую с исполняемой мелодической линией. Попытки применять *fuzz* для обработки аккордовых звучаний оказывались успешными только тогда, когда музыкальной драматургии не претило ощущение ужаса, катастрофы. Даже октавные интервалы, столь характерные для гитарных партий, требовали при данной обработке идеальной звуковысотной настройки.

Борьба с указанными недостатками привела к тому, что в настоящее время гитаристы гораздо чаще используют деликатный

собрат *fuzz*’а — приём, именуемый *overdrive* (буквально: переутомление, перегрузка). Электронное устройство, применяемое в этом случае, по сути, представляет собой форсирующий усилитель с настолько большим коэффициентом передачи и низкой перегрузочной способностью, что уже при игре в нюансе *mezzo-forte* нелинейные искажения могут достигать 100%, и прибор ведёт себя подобно триггерному преобразователю. Зато в *pianissimo* звучание может быть вовсе неискажённым, и это делает данную обработку управляемой и гибкой.

Если при «живом» музицировании описанные электронные устройства почти исключительно употреблялись для обработки гитарных сигналов, то в студийных записях намеренные искажения как способ специфического окрашивания применяли и к другим одноголосным звучаниям, инструментальным или вокальным. В получавшихся тембрах, соответственно драматургии, можно было найти образы досады и коварства, неустроенности и агрессии, отчаяния и экспансии.

Компьютерные аудиоредакторы совместно с плагинами обеспечивают успешную обработку звука искажателями сигналов (англ. *distortion*).

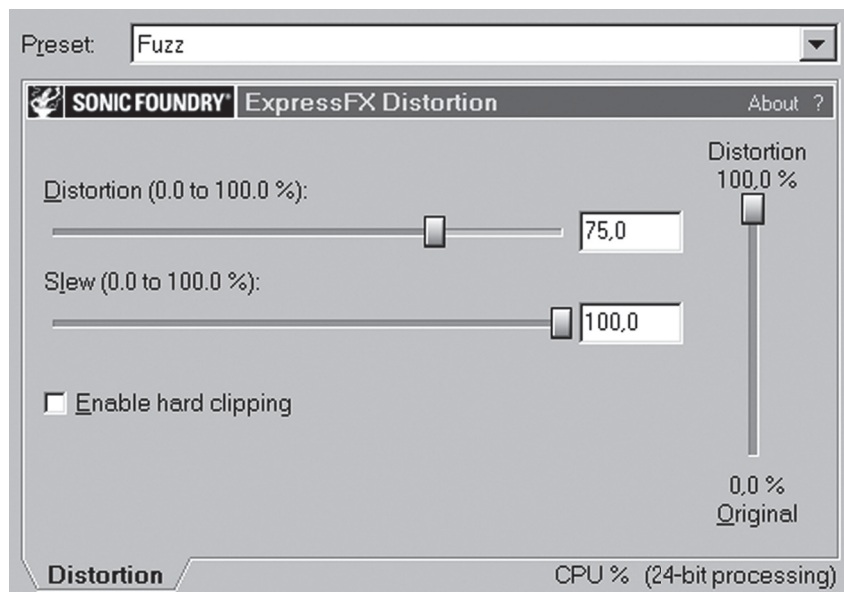


Иллюстрация 7-9.

Иллюстрации 7-9 и 7-10 представляют интерфейсы таких плагинов, действующих в программах *Sound Forge* и *Samplitude*. Параметр *slew* (англ. — убийственно) добавляет в звучание предельную жёсткость.

Возможности предварительной подготовки обрабатываемого материала, то есть исключение из него ненужных призывов, конкретизация атак и окончаний звука, а также сжатие динамического диапазона с компенсационным усилением расширяют области применения искажающих компьютерных средств.

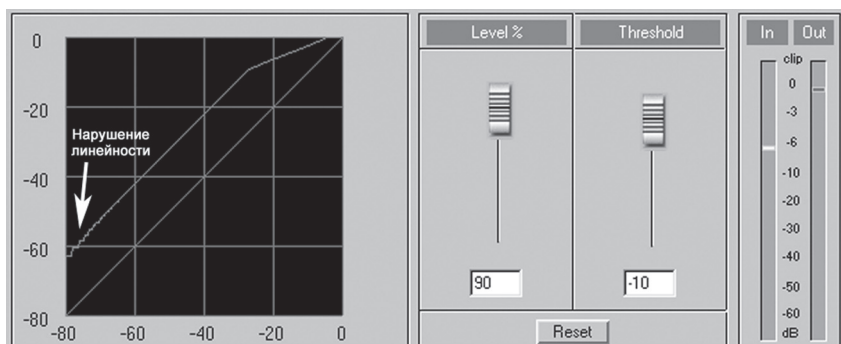


Иллюстрация 7-10.

Интересна динамическая характеристика на иллюстрации 7-10: кроме наличия значительного (≈ 10 -кратного) увеличения громкостных ощущений, график показывает нарушение линейности на малых уровнях; именно это обстоятельство вносит в звук шероховатость. Если применять такую обработку для вокальных партий, то появляющиеся в голосах певцов лёгкие хрипы и сипения придадут им экзотический шарм; сегодня эта краска встречается в популярной музыке.

§ 7-5. Управление временными параметрами звуков

Как известно, атака и затухание звука являются одними из основных признаков тембральной идентификации. Так, например, если увеличить время атаки яркого (*sforzando*) фортепианного аккорда с 3-5 до 200-300 миллисекунд, то любой слушатель признает в этом звучании скорее орган, чем рояль. Напротив, чрезвычайно

малое время затухания при снятии звука органа противоположным образом отличается от априорно длительного послезвучия фортепиано, если, конечно, исключить сопутствующую органной музыке реверберацию (см. иллюстрацию 7-11).

Впервые режиссёрские вмешательства в процесс временного течения звука, и связанные с ними художественные открытия, произошли с желанием устранить неприятные артефакты при обработке гитарных партий триггерными преобразователями (эффект *fuzz*). Поскольку именно моменты касания пальцами струн или небрежные снятия звуков, как уже говорилось, рождали «электроакустическую грязь», очевидным решением проблемы было исключение, вернее, затягивание атаки полученного меандра. И тут обнаружилось, что если на гитаре играют в низких регистрах (большая — малая октавы), то звук после совокупной обработки ассоциируется с виолончелью *arco*. Схожесть возрастала, если гитарист использовал характерный для виолончелистов приём *vibrato*.

Сегодня, благодаря огромной палитре синтетической электроакустики, существующей сплошь и рядом, исчезло ощущение выразительной новизны в ненатуральных атаках духовых или ударных инструментов, с длительным *crescendo*, когда каждый звук плавно возникает из мёртвой тишины. Также нет нынче ничего экзотического в резком внезапном прекращении звучания, которое, соответствуя привычному ожиданию, должно бы долго затухать. А ведь ещё лет 20–30 тому назад манипуляции с атаками звуков самых разных музыкальных инструментов, при сохранении живой акустической ткани создавали новые образы, переносившие слушательские ощущения в сказочные, подводные или космические миры, где в реальности никто не слышал никаких звучаний, но всегда именно такими и представлял их себе.

До появления компьютерных технологий обработки звуковых атак и затуханий осуществлялись либо физическими регуляторами усиления (чаще всего, с помощью так называемой педали громкости), либо специальными электронными устройствами, реагирующими на окончание или начало пауз во входном сигнале. Эти приборы автоматически изменяли свой коэффициент передачи, по заданной форме, сколь угодно плавно или скачком.

Специальное устройство, созданное Ю. М. Ишуткиным и Е. Н. Осташевским могло определять моменты атаки любых звуков, даже если последние существовали в сопровождающей музыкальной

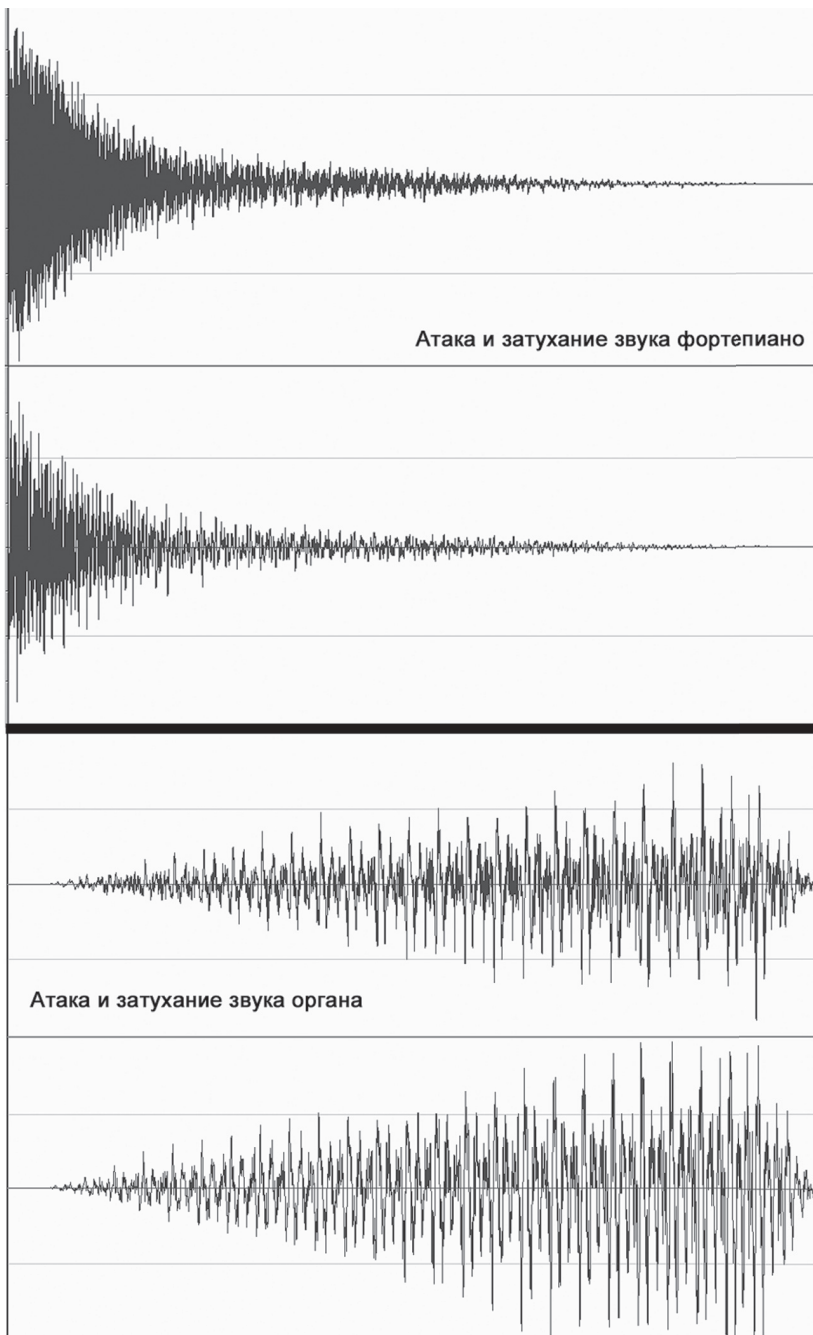


Иллюстрация 7-11.

фактуре, и не были окружены паузами. Впрочем, эта конструкция годилась больше для исследовательских целей, так как любые обработки атак в суммарном звуковом сигнале порождали спонтанную динамику, которой трудно было найти художественную мотивацию.

В настоящее время любой, даже простейший компьютерный аудиоредактор обеспечивает известные функции *Fade In* и *Fade Out*, с помощью которых можно наглядно, гибко и быстро управлять атаками и затуханиями звуков.

Дополнением к художественному исследованию данной области звуковых обработок явилось полное изменение временного направления звука. Движение фотографической или магнитной фонограммы «задом наперёд» открыло такие акустические качества, которые невозможно было создать ни одним из натуральных способов. Сколько образов инверсий в прямом смысле этого слова, сколько фантастических звучаний обнаружилось в «перевёрнутых» человеческих или инструментальных голосах!

Характерно, что обратное течение звука не имеет прямых ассоциаций с кинематографическим «поворотом времени», так называемой обратной съёмкой, когда вспять обращаются все фазы движения. Этот изобразительный эффект почему-то не вызывает психологического недоумения в зрительском восприятии. Действительно, ведь существует задний ход и у машин, и у живых существ, — здесь есть что-то мало-мальски привычное. Иное дело — звук. Его временное инвертирование активизирует исключительно образное мышление, и лишь контекст направляет слушательское сознание в нужное русло. Такие звуковые трансформации могут пониматься и как сумасшествие, и как бурный восторг, от которого внезапно кружится голова, как звуковой комикс и как невосполнимая потеря.

В компьютерных аудиоредакторах подобная обработка реализуется очень просто, даже без обращения к плагинам. Соответствующая функция программ именуется *reverse* или *backward*.

Чрезвычайно интересным и очень выразительным является эффект инвертированной реверберации (*reverse reverb*), когда диффузные звуки не убывают, как в естественной акустике, а наоборот, нарастают, и, если не используется прямой сигнал, то слышимый образ впору назвать «следствием без причины». Попробуйте-ка

отыскать что-нибудь аналогичное в простых средствах изобразительных искусств!

§ 7-6. Звуковысотные вариации

О служебно-формальном использовании компьютерной функции по изменению высоты звучания (*pitch shift*) с сохранением его продолжительности (*preserve original duration*) известно много. Основная цель этой процедуры — коррекция инструментальной или певческой музыкальной интонации. В более редких случаях такая возможность применяется для создания параллельных мелодических линий на материале первого голоса. Если ставится задача изобразить говорящую или поющую массу людей, а в оригинальной записи их ощущаемое количество недостаточно, то небольшое звуковысотное смещение и сложение результата обработки с исходным сигналом даёт убедительную иллюзию множества.

Художественные опыты с вариациями высоты звука впервые встречаются в мультипликационном кино (памятен фильм «Новый Гулливер» с песней «Моя лилипуточка, приди ко мне!...»), или в радиозаписях детских сказок, откуда разошлись ярлыки звучаний типа «буратино», «слон», «медведь». Технические способы реализации этих идей были самыми примитивными, — изменялась скорость движения лент на стадии записи. Но аппаратные средства тогда ещё не позволяли компенсировать продолжительность звучания, поэтому отдавалось предпочтение технологиям многоканальной магнитной записи, с наложением вокального соло. При этом скорость записи варьировалась в зависимости от желаемого результата, и в пределах, доступных исполнителю.

Если она была ниже номинальной (предпочитался октавный сдвиг, для сохранения музыкальной тональности), то с возвратом в нормальный темп воспроизведения голос артиста звучал интонационно выше, тембрально «тоньше», так сказать, по-детски, — отсюда и название эффекта — «буратино».

Априорным дополнением к данной обработке было повышение частоты вокального вибрато, если таковое присутствовало. При нарочитом вибрато появлялось ощущение блеяния, и это заметно расширило область приложения такого эффекта: без него уже не могли обходиться фонографии сказок, эпиграмм, аллегорий, т. п.

Если же в процессе записи скорость движения ленты на магнитофоне увеличивалась, то в результате весь спектр голосовых качеств (интонации, форманты, частота вибрато) понижался, и возникали художественные ассоциации с медведем, слоном, пр.

Автор много экспериментировал не только с вокальными, но и с инструментальными записями в подобной же технологии. Первые из таких случаев были обоснованы сложностью исполнения некоторых фрагментов в реальном быстром темпе. Тогда инструменталисту предлагалось сыграть проблемный кусок медленнее и, к примеру, на малую терцию ниже (соответственно, скорость движения ленты на магнитофоне понижалась на 18,9%*). Если в результате незначительные изменения тембра не противоречили музыкальной концепции, то выигрыш в качестве исполнения становился решающим. Иногда, наоборот, при большом интервале сдвига тембральные искажения, как-то: смещение спектральных компонент, в особенности, формант, изменение частоты вибрато, — оказывались настолько привлекательными, что к этому приёму обращались ради выразительности.

Нынешние компьютерные аудиоредакторы (например, программа *Samplitude Pro*) позволяют вести запись звука при заданном изменении частоты дискретизации аналого-цифрового преобразования, что в техническом прообразе адекватно изменению скорости движения носителя. Однако, в отличие от физической аппаратуры, здесь установки скорости в процессе записи плавно варьировать сложно. Для этой цели существуют иные функции, выполняемые уже на стадии воспроизведения собственно аудиоредактором или подключённым плагином.

Эффект «*Pitch bend*» (буквально — «изгиб высоты») на протяжении выбранного участка фонограммы варьирует высоту звучания произвольно, в довольно широких пределах: ± 24 полутона. При желании компенсируется продолжительность обрабатываемого фрагмента. А если этого не делать, то можно создать, скажем, комический образ смятения, или истерики, особенно яркий, когда увеличению высоты звука сопутствует возрастание темпа фонограммы, как это делалось бы на магнитофонах с вариаторами скорости движения ленты.

* При отсутствии в аппарате записи градуированного регулятора скорости, её настройка производится на слух.

В принципе, компенсация темпа при изменении высоты звука — довольно сложная компьютерная процедура, с добавлением или исключением микроучастков файла, всякого рода аппроксимациями, вероятностными заменами, т. п. Ясно, что здесь неизбежны какие-то звуковые искажения, особенно при широком интервале сдвига. Но ведь и достигаемый эффект сам по себе аномален. В то же время он настолько ярок и выразителен, что артефакты, проявляющиеся при сохранении продолжительности звучания, не обращают на себя внимания.

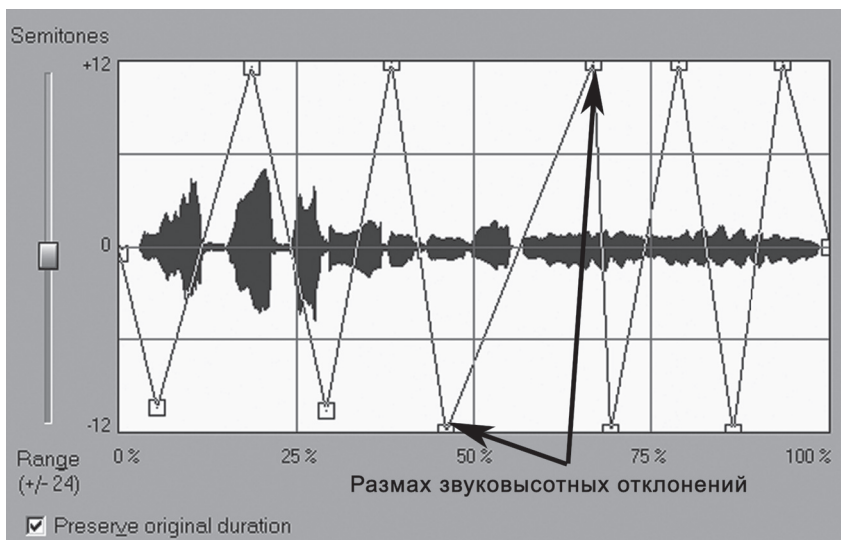


Иллюстрация 7-12

Иллюстрации 7-12 и 7-13 показывают интерфейсы вариаторов высоты звука в плагинах фирм «*Sonic Foundry*», и «*Antares*». Последний, основное назначение которого, — коррекция вокальных или инструментальных интонаций, носит название «*Auto-tune*». В этом плагине существует априорная, не отключаемая компенсация темпа.

Аналогичные функции весьма успешно выполняет программа «*Melodine*», разработанная фирмой «*Celemony*»*.

* Дополнительный сервис, определяющий временные свойства высотных авторегуляторов, способы задания шкалы, наличие или отсутствие циклического вибрато, здесь не освещён. Автор предлагает читателю самостоятельное подробное изучение данных компьютерных устройств, как и других, принципы действия и цели которых теперь известны и понятны. Впрочем, кое-что из перечисленного мы будем рассматривать ниже.

Звуковысотные вариации реализуются в 8-й версии компьютерного аудиоредактора «*Samplitude Pro*» в виде встроенной функции **MAGIX Elastic Audio**. Здесь они могут быть выполнены в широких пределах, и сколь угодно гибко (см. иллюстрацию 10-19).



Иллюстрация 7-13.

Для создания параллельных мелодических партий сегодня существует большое количество устройств, как физических, так и компьютерных. Конечно, простота использования плагинов делает их более привлекательными; жаль только, что они не могут полноценно работать с внешним управлением, подобно известному прибору *Eventide DSP 4000 Ultraharmonizer*, где нужное звуковысотное положение задаётся синхронной игрой звукорежиссёра на стандартной клавиатуре так называемого MID — интерфейса.

Зато компьютерные средства позволяют создавать несколько искусственных голосов, устанавливая сепаратно их громкостной уровень, стереофоническое панорамирование, асинхронность

с основным звуком*. Здесь можно также вводить дополнительную коррекцию спектра получаемых сигналов, обогащая их октавными формантами или унтертонами. Нежелательные комбинационные продукты исключаются из спектра с помощью ограничительных фильтров.

Разработанные израильскими электроакустиками плагины *UltraPitch*, входящие в комплект *Waves*, способны формировать до 6 параллельных голосов. Один из их интерфейсов приведен на иллюстрации 7-14.

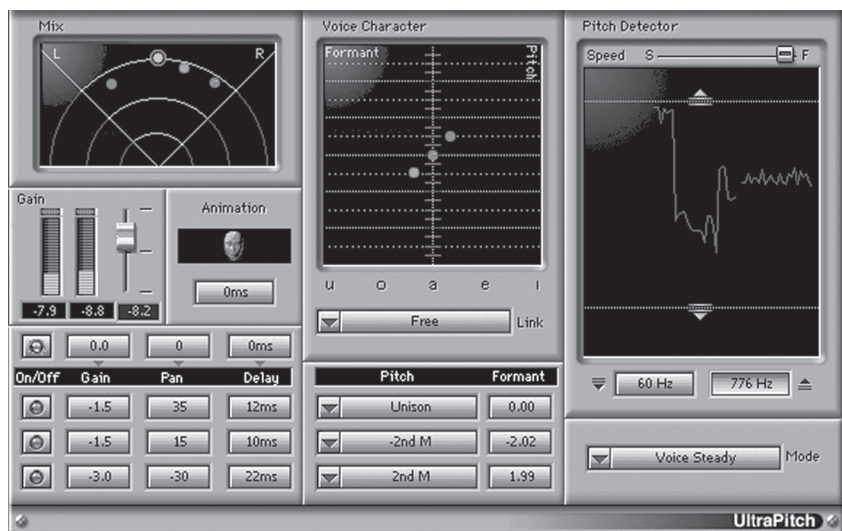


Иллюстрация 7-14.

Австрийский физик Кристиан Допплер (1803–1853) открыл, что фазовая модуляция в широком спектре акустического сигнала, наблюдаемая при сильном движении массы воздуха, например, сопутствующего пронсящему мимо поезду, воспринимается человеческим слухом как модуляция высоты звука. С приближением движущегося источника к слушателю частота акустических колебаний в некоторой степени падает, а при удалении — возрастает.

Это явление используется в обработке сигналов под одноимённым названием: «Эффект Допплера». Физические электронные

* Подробный анализ этой редакции будет рассмотрен в главе о задержках звуковых сигналов.

устройства, реализующие такую обработку, выпускались американской фирмой «Lexicon». Приборы осуществляли двустороннее изменение высоты звука с его одновременным стереофоническим панорамированием.

Плагин *Doppler*, из названного комплекта *Waves*, также призван имитировать движение фонографического объекта мимо слушателя (см. иллюстрацию 7-15).

Основной из устанавливаемых здесь параметров — степень звуковысотной модуляции. В сочетании с крутизной панорамирования (*Pan*), изменением тембра звучания из-за акустических свойств воздуха (*Air Damp* — поглощение коротковолновых звуковых колебаний), и траекториями иллюзорного движения источника звука (*Mode*) можно получать огромное количество кинетических эффектов, всякий раз несущих в себе несомненный драматизм.

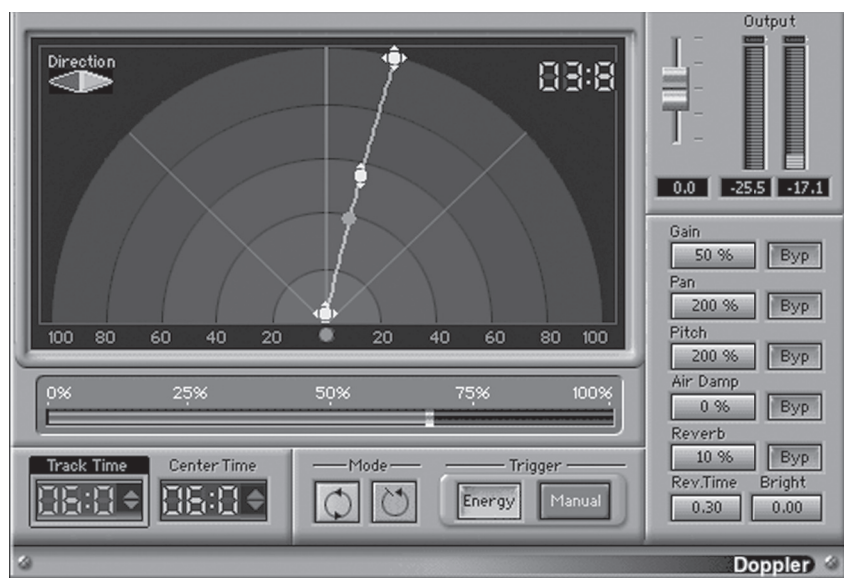


Иллюстрация 7-15.

Эта обработка звука может быть дополнена реверберационными красками из собственных средств плагина, с регулируемой степенью, временем и частотным спектром реверберации. Тогда получаемая картина обретает экзотический характер, и звукорежиссёр может решать различные задачи самых фантастических сценариев.

§ 7-7. Задержки звуковых сигналов

Английское слово *delay* (задержка), регулярно употребляемое в электроакустике и компьютерных средствах обработки звука, прочно и буднично вошло в лексикон музыкантов. Между тем они часто не задумываются над сутью соответствующей звукорежиссёрской обработки, ложно ассоциируя его с полноценной реверберацией или, в лучшем случае, с эффектом эхо. На самом деле, задержка электроакустических сигналов действительно имеет отношение и к тому, и к другому, но лишь как одна из первопричин.

Реверберационный процесс в закрытом пространстве, хотя бы по статистической теории, начинается с возникновения ранних акустических рефлексов от стен, потолка и пола. Из-за конечной скорости распространения, эти отражённые звуковые лучи сдвинуты во времени относительно породившего их сигнала. Реальная величина первых временных смещений, в зависимости от размеров помещения, а также взаимного положения источника и слушателя, колеблется от единиц до десятков, а то и сотен, миллисекунд. Таким образом, с возникновением звука слушатель воспринимает, по меньшей мере, два сигнала с взаимной задержкой. И уже это начальное обстоятельство несёт в себе психоакустическое сообщение о звуковой диффузии, о том, что источник находится в каком-то здании.

И такое происходит не только в замкнутом акустическом объёме, но и на открытом воздухе, если в районе нахождения источника и слушателя имеются отражающие площадки в виде стен домов, лесного массива, даже земной тверди или водной глади.

Следовательно, добавление к исходному звуковому сигналу его копии, сдвинутой во времени на малую величину, даст намёк на объёмность, глубину, даже некоторое ощущение пространства. Разумеется, впечатление будет достовернее, если уровень задержанного звука невелик, а его спектр откорректирован подобно спектру естественного рефлекса — с некоторым уменьшением высокочастотных составляющих.

В главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**» уже рассказывалось, как применяются электроакустические задержки, однократные или множественные, если нужно из монофонического сигнала получить виртуальное изображение протяжённого объёма. Используется псевдостереофоническое панорамирование;

временные сдвиги адекватны кажущимся размерам звукового источника. Расчёт делается на основании скорости распространения звука в воздухе (≈ 340 м/сек), так что иллюзорному размеру фонографического объекта, изображаемого в середине звуковой картины, могут соответствовать две задержки, чьи сигналы панорамируются симметрично влево и вправо, а величины времени определяются примерно так: 1,7 метра соответствуют 5 миллисекундам. На иллюстрации 7-16 мы видим пример такого электроакустического «конструирования».

Для описанной цели уровни задержанных сигналов сопоставимы с исходным, иногда даже равны ему (это устанавливается эмпирически). Что касается их спектров, то они корректируются также из соображений достоверности, однако в данном конкретном случае возможны не завалы, а даже избирательные подъёмы АЧХ, подчёркивающие регистровую разницу в этой звуковой квазиграфике.

Иллюзорное фонографическое изображение рояля,
по досадной случайности записанное монофоническим микрофоном.



Иллюстрация 7-16.

При использовании задержек звуковых сигналов необходимо учитывать два обстоятельства:

1. В стереофонии малые временные сдвиги (до 3-5 мсек.) приводят к незапланированным смещениям виртуальных источников звука в сторону громкоговорителя, работающего с опе-

режением. Если необходимо сохранять фонографическую симметрию, то для компенсации этого явления используют громкостные контррегулировки. Так, согласно иллюстрации 7-16, сигнал, задержанный для правого канала, должен быть несколько выше сигнала, действующего в левом канале звукопередачи.

2. Временная задержка суть фазовый сдвиг, различный для разных спектральных компонент сигнала. Поэтому даже при стереофоническом восприятии картины со звуковыми задержками, громкостной уровень которых соизмерим с уровнем исходного сигнала, актуальной становится гребенчатая фильтрация, специфически окрашивающая звук. Эффект усиливается, когда стереофоническая запись складывается в моновариант.

На иллюстрации 17 приведена спектрограмма белого шума, подвергнутого такой фильтрации при сложении двух одинаковых шумовых сигналов, смещённых во времени друг относительно друга на 2 мсек.

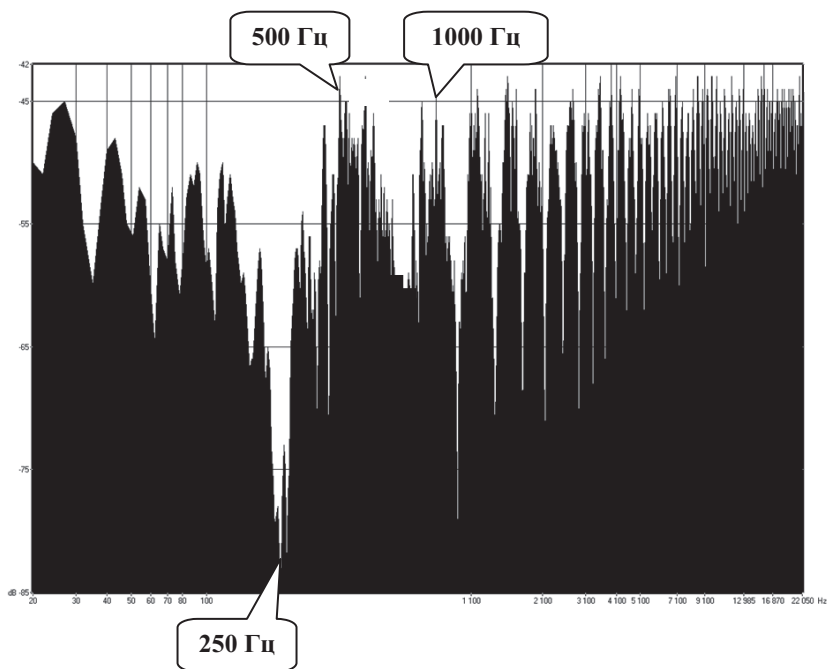


Иллюстрация 7-17.

На рисунке отчётливо видно, как на спектральные компоненты с периодом, кратным этому времени, действует интерференция, экстремально понижая (точка 250 Гц) или повышая (точки 500 и 1000 Гц) их уровень.

В 70-е годы XX века в грамзаписи, на радио и телевидении началось бурное внедрение многодорожечной магнитофонной технологии. Среди обилия связанных с этим экспериментов, появился специфический приём вокальной и инструментальной записи, получивший название «*doubletrack*» (двойная дорожка). Запись проводилась методом последовательного двойного (а иногда — тройного и более) наложения одного и того же музыкального материала на координирующую фонограмму инструментального сопровождения. Получавшийся эффект впечатлял плотной тембральной окраской, ощущением актёрской энергичности и фонографической объёмности. А если к тому же два виртуальных изображения солиста располагались в полярных азимутах стереопанорамы, — слева и справа, то фонографическая площадь поглощалась ими настолько, что для других элементов музыкальной фактуры не всегда доставало места.

Использование этого приёма, особенно для вокальных партий, стало безудержным, как это часто бывает в явлениях моды. Даже авторы музыки и стихов не всегда задумывались о драматургической целесообразности такого эффекта, восторженно упрасывая о нём звукорежиссёров.

Однако мода прошла, и холодный анализ «двойного наложения» вскрыл серьёзные исполнительские проблемы. Дело в том, что повторная запись одного и того же вокального материала требовала точного совпадения голосов не только по интонациям и темпоритмике, но и в артикуляции согласных звуков, агогике, эмоциональном состоянии, пр. Столь точное копирование самого себя для двойной записи удавалось далеко не каждому артисту. И тогда для реализации эффекта «*doubletrack*» пришла помощь со стороны техники. Выяснилось, что подобный результат, да ещё и с исключением перечисленных проблем, даёт дублирование сигнала с задержкой в интервале приблизительно от 7 до 30 миллисекунд, когда два изоморфных звука воспринимаются как слитные, и в то же время хорошо различимы. В те годы уже появились электронные приборы задержки звуковых сигналов с указанным диапазоном времени сдвига, а за неимением таковых можно было

пользоваться профессиональными студийными магнитофонами со сквозным каналом.

Сегодняшние компьютерные технологии обеспечивают любое количество задержек дублированных сигналов с любым интервалом времени даже без обращения к специальным средствам обработки или плагинам. Достаточно поместить копию нужного голоса синхронно в соседний канал аудиоредактора, и затем сдвинуть её вправо (см. иллюстрацию 7-18).

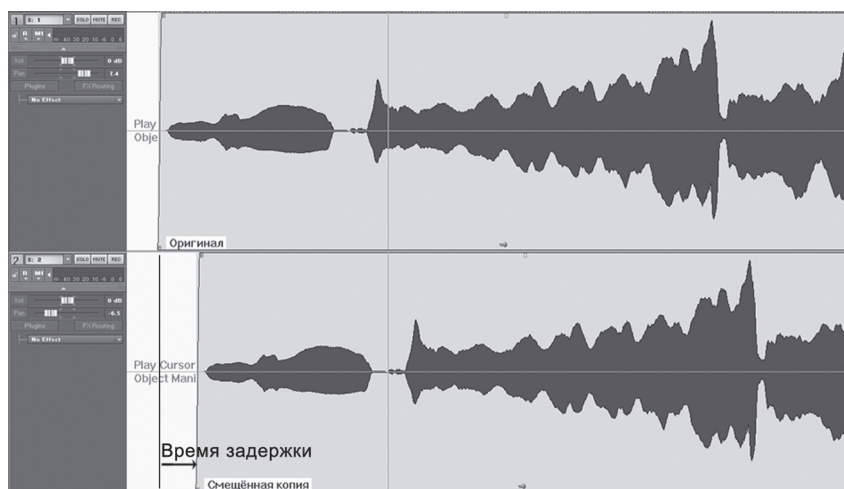


Иллюстрация 7-18.

Использование такой техники позволяет модифицировать эффект самыми различными дополнениями типа стереофонического (или квадрофонического) панорамирования, коррекции АЧХ, реверберации, т. д.

Следующим шагом в использовании задержанных звуковых сигналов стало создание искусственного эхо. Донельзя простое, знакомое всем с детства природное акустическое явление так и просилось в звукорежиссёрскую палитру. Эхо как фонографическая краска могло быть самодостаточным, но, вдобавок, получаемая репликация — повторение фразы, слова, даже одиночного звука, — отлично усиливала их значение.

За неимением специальных электронных приборов, когда-то эхо имитировали с помощью подручных средств: выходной сигнал сквозного канала магнитофона, работавшего на малой скорости, так

что время сдвига между моментами записи и воспроизведения оказывалось значительным (200–1000 мсек.), подавался с некоторым ослаблением на вход усилителя записи. Так возникали затухающие звуковые повторения. Правда, цепи такой примитивной обратной связи в совокупности с шумами магнитной ленты и аппаратуры записи существенно портили сигнал, что досадно ограничивало использование эффекта.

Иллюстрация 7-19 поясняет действие современных физических или компьютерных устройств задержки звукового сигнала в режиме эхо.

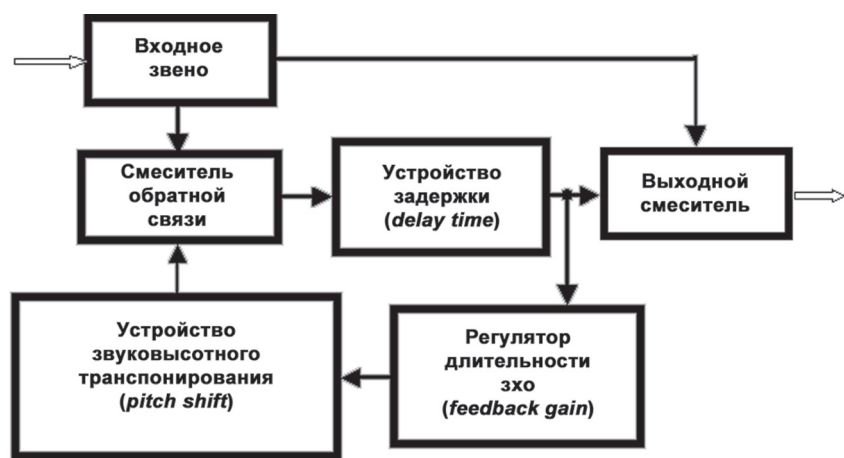


Иллюстрация 7-19.

Если пользоваться естественными акустическими аналогиями, то величина первого временного сдвига (*delay time* или период повторения) адекватна дистанциям между источником, слушателем и отражающими поверхностями. Но такого рода топографические привязки уместны разве что для драматургических решений, когда место действия требует каких-то звуковых пояснений. В современной популярной эстрадной музыке эхо часто употребляется как ритмический элемент, и время задержки строго соответствует темпу музыкального произведения. Так, например, если звуковые повторения должны быть группой четвертных долей, то при темпе $\text{♩} = 120$ временной сдвиг составит 500 мсек.

Глубина обратной связи (*feedback gain*) определяет продолжительность эхо. Этот параметр всегда меньше 1 (в иных шкалах: меньше 100%, меньше 0 дБ.). Тогда процесс будет затухающим. В противном случае сигнал начнёт циклически возрастать. Конечно, возможен и такой вариант эхо, как, например, звуковой образ лавины. Но доводить эффект до предельного уровня не стоит: сопутствующие артефакты в виде случайных хрипов и тресков вряд ли можно будет отнести к разряду задуманных художественных штрихов.

Иногда регулятор *feedback gain* заменяется парой других установок: варьируется количество повторений и их спад (*decay*). Встречается и чёткое детерминирование длительности эхо (*decay time*).

В иллюстрации 7-19 обратим внимание на звено, именуемое устройством звуковысотного транспонирования (*pitch shift*). Ни к естественному эхо, ни к алгоритму его электроакустической имитации эта добавка прямого отношения не имеет. Но включение высотного сдвига в каждый очередной повтор обнаруживает новые художественные качества. В таком эффекте есть образы взлётов или падений, восторга или отвращения, надежды или катастрофы.

Установка звуковысотного смещения на величину ± 1 полутона совместно с эхо реализует несвойственное большинству музыкальных инструментов или человеческим голосам хроматическое *glissando*.

Использование однократных или многократных задержек звука с дополнительными его обработками представлено сегодня большим числом компьютерных аудиоредакторов со встроенными функциями подобного рода или с подключаемыми плагинами. Иллюстрации 7-20 ÷ 7-23 показывают интерфейсы соответствующих плагинов, произведённых фирмами *Sonic Foundry*, *Lexicon* и *Waves*.

Количество задержек, со временем сдвига более 4-х секунд каждая, варьируется до 4–8; произвольно и автономно для любого задержанного сигнала устанавливается ряд таких параметров, как псевдостереофоническое панорамное положение, уровень, синфазность или противофазность по отношению к входному сигналу, небольшая коррекция АЧХ, звуковысотное смещение.

Плагин *Super Tap* фирмы *Waves* (см. иллюстрацию 7-23) может применяться в синхронно связанных средах *Audio-Midi*. В этом случае шкала временных смещений градуируется не только в миллисекундах, но и в количестве ритмических долей (*BPM*).

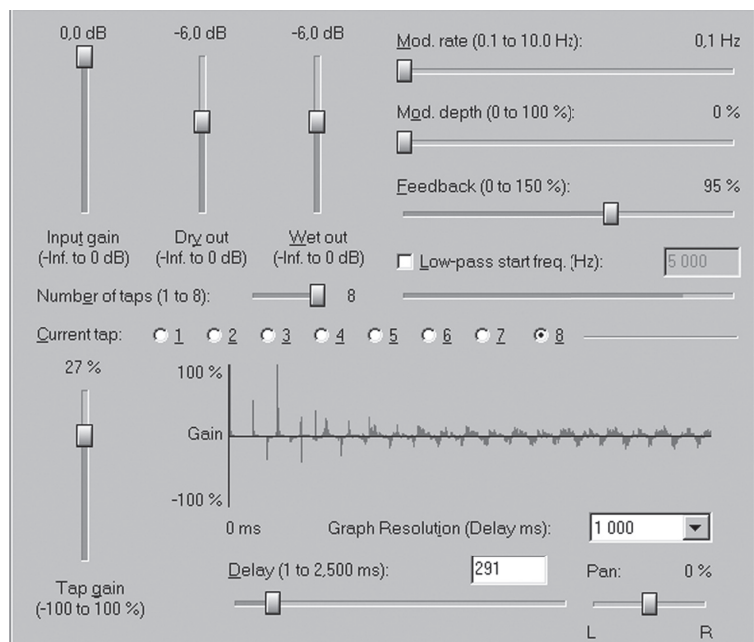


Иллюстрация 7-20



Иллюстрация 7-21.

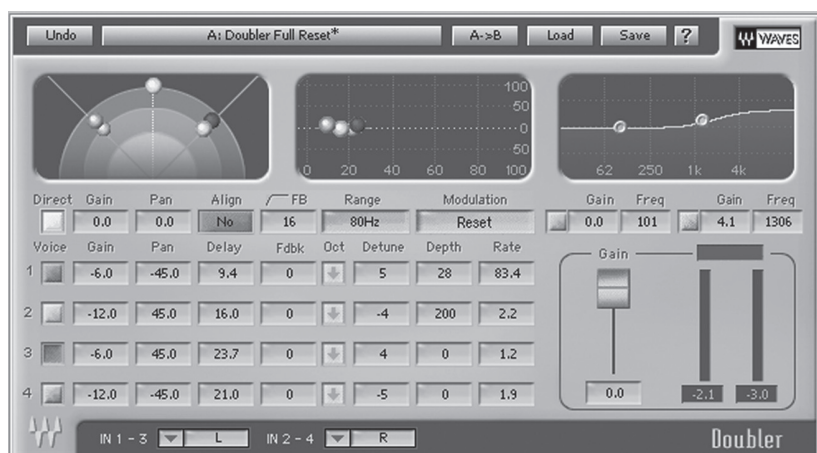


Иллюстрация 7-22.

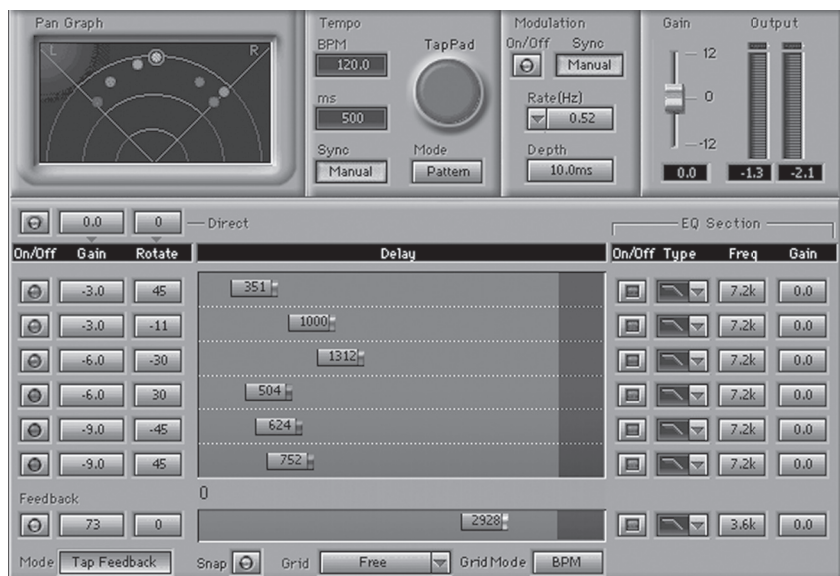


Иллюстрация 7-23.

В каждом из плагинов введена дополнительная циклическая модуляция времени задержки или амплитуды выходного сигнала. Суть модуляции будет рассмотрена в следующей главе.

§ 7-8. Автоциклические модуляции при обработке звуковых сигналов

Простые вибрации

Как уже рассказывалось в предыдущей главе, в числе исполнительских приёмов в музыке встречаются два вида звуковой вибрации (*vibrato*). Громкостная или, как её именуют в музыкальной акустике, амплитудная вибрация характеризуется циклическим изменением громкости. Такое звучание часто наблюдается у деревянных и медных духовых инструментов. Частота *vibrato*, производящая наиболее приятное эстетическое впечатление, составляет 5–7 герц. Глубина вибрации, то есть отклонение громкости от её среднего значения, может колебаться в пределах 10–50 процентов,

соответственно художественному смыслу. Нижний предел определяется степенью уверенной заметности приёма, а верхний — границей нарочитости. Форма естественной громкостной модуляции подобна синусоидальной или треугольной. Но если её приблизить к прямоугольной, а глубину модуляции повысить до предельно возможной (100%), то *vibrato* превращается в *tremolo*, каковой приём характерен для игры на струнных инструментах.

Для амплитудных вибраций в чистом виде звуковысотные изменения неактуальны. Однако музыкальные инструменты со свободным интонированием (струнные смычковые, кулисные тромбоны, — сюда же относятся и человеческие голоса) позволяют совершать незначительные циклические модуляции высоты звука. Получаемый акустический эффект называют высотным *vibrato*. Наименее заметное отклонение высоты от среднего значения составляет 5-10 центов. Предельное значение, при котором говорят уже не о вибрации, а о трели (*trillo*), составляет полутон или тон, в зависимости от музыкального лада. Отклонение может быть и бóльшим, — в общем случае оно называется трельным интервалом. Исполнение трелей возможно на любых инструментах, возможны они и у вокалистов; лишь величина трельного интервала вносит иной раз ограничения для этого приёма.

Частота звуковысотного *vibrato* также лежит в пределах 5-7 герц. Её значения меньше нижнего предела вызывают ощущение детонации, высотной фальши. Если же вибрировать с очень высокой частотой (> 10 Гц), то возникает эффект сродни бляению.

Музыканты способны искусно соединять оба вида вибраций, и эта комбинированная краска существенно обогащает тембр инструментов, придаёт ему волшебную теплоту. Однако существуют музыкальные инструменты, для чьих звучаний в естественных акустических условиях невозможны громкостные или высотные *vibrato*. Это — арфа, гусли, цитра, фортепиано, интонированные ударные. Настройка перечисленных инструментов — фиксированная, также неизменен естественный процесс затухания звука.

Компьютерные средства автоциклической вибрационной обработки легко применяются к любым сигналам, сообщая привычным акустическим объектам новые, подчас неожиданные качества. Какой простор для режиссёрских фантазий открывается в трелях арфы, странном трепете мужественной литавры или шуме толпы, обретшей вдруг способность интонировать в едином *vibrato*!

Глубокое тремоло в вокале, нарочито не согласованное в своей частоте с темпоритмом музыкального произведения, создаёт образы растерянности, испуга, какой-то утраты. Интересно, что изобразить подобное в «живом» исполнении вряд ли кто-нибудь сможет, во всяком случае, в быстром темпе.

На следующих иллюстрациях можно видеть интерфейсы плагинов для описанной звуковой окраски — от простейшего эффекта высотного вибрато (фирма «**Sonic Foundry**», иллюстрация 7-24) до комбинированной обработки, с двумя видами вибрато (фирма **Waves**, плагин «**Mondo Mod**», иллюстрация 7-25).

В последнем плагине в широких пределах (0-100%) регулируются глубины громкостной модуляции (**AM Depth**) и высотной модуляции (**FM Depth**). Частота модуляций варьируется в излишне огромном диапазоне: от 0,0025 до 6000 герц (с приближением к верхнему пределу этого диапазона возникает ощущение, что какой-то музыкальный инструмент превратился в наконечник отбойного молотка). Есть большой выбор форм модуляции (**Waveform**) — скачкообразно, по синусоидальному, треугольному или прямоугольному законам. В качестве дополнения возможно включение псевдостереофонического возвратно-поступательного панорамирования (**Rotation**) в пределах заданных азимутов (**Range**) и фазовый сдвиг выходного сигнала по отношению к входному (**Phase**), причём этот параметр устанавливается отдельно для амплитудной и для звуковысотной обработки.

Далеко не всегда получаемый эффект следует относить к числу экзотических. Небольшая вибрация, особенно, если её появление слегка задержано (**Vibrato Delay**) придаёт любому звучанию естественный лирический оттенок.

Звук рояля, обработанный лёгким высотным **vibrato**, превратит этот инструмент в пианолу, для которой характерна спонтанная расстройка.

При выполнении автоматической коррекции вокальных интонаций натуральная певческая вибрация голоса может уничтожиться. Для компенсации этого недостатка в соответствующих программах (например, «**Antares Auto Tune**») вводится искусственное **vibrato** с регулируемыми амплитудой и частотой.

Циклические изменения громкости и высоты звука, строго говоря, не связаны с перестройкой АЧХ канала передачи. Но в спектре обработанных сигналов появляются новые компоненты:

инфранизкая составляющая частоты модуляции, изменённые положения исходных спектральных линий при высотном *vibrato*, комбинационные тоны. Тем не менее, ощущение сильных тембральных аномалий не возникает. Может быть, это происходит оттого, что вибрация сама по себе является наиболее естественным и издавна распространённым способом влияния на тембры звуков.

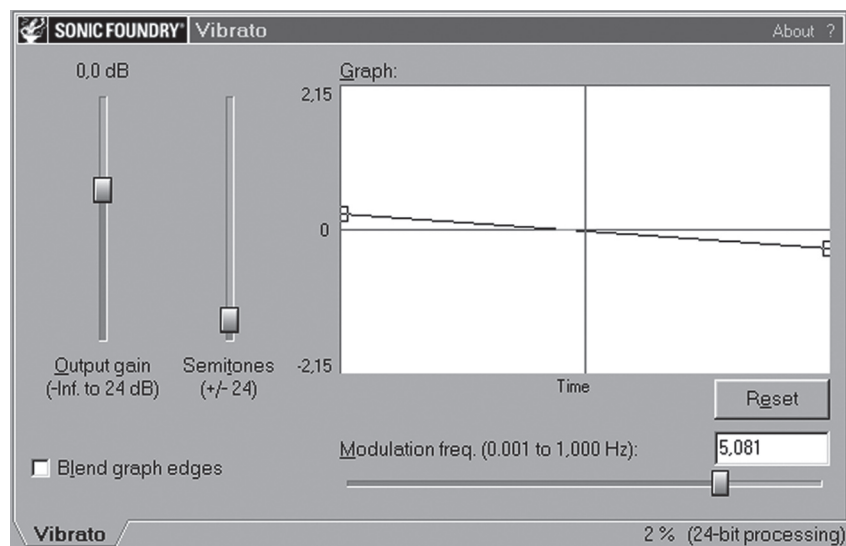


Иллюстрация 7-24.



Иллюстрация 7-25.

Однако в электроакустике существуют иные виды модуляционных обработок, существенно влияющие на частотную характеристику физического или программного устройства.

«Wah-wah»

Когда я впервые услышал в записи гитару Джима Хэндрикса, мне показалось, будто она разговаривает. И не только у меня сложилось такое впечатление. Незнакомый, и в то же время доходчивый и убедительный в своём музыкальном совершенстве язык, новыми интонациями сметающий географические и этнические барьеры, за короткий срок сделал этого блестящего артиста одним из самых выразительных гитаристов мира.

К великому сожалению, не могу назвать имя специалиста по электроакустике, который дал музыканту техническое средство, позволившее оперативно управлять звучанием адаптированной гитары. Но проанализировать идею этой специфической обработки звука несложно.

Когда человек говорит, его анатомические резонансные полости, участвующие в образовании гласных фонем, всё время перестраиваются за счёт изменения формы губ, степени раскрытия рта, действующих объёмов гортани и околосовязочных областей. Соответственно произносимому звуку, в акустическом спектре речи образуются некие переменные по своему частотному положению форманты, отличающиеся от традиционных (по их квалификации), постоянных спектральных формант, сообщающих человеческим голосам тембральную индивидуальность.

Спектры музыкальных инструментов, за редкими исключениями (амбюшурные духовые с модулируемой сурдиной, флексатон) подобными свойствами не обладают. Тем более, это исключается для электромузыкальных звучаний, производимых бесполостными гитарами — «досками» или электронными синтезаторами, а также запоминающими устройствами (*samplers*).

Если же любой электроакустический сигнал подвергнуть существенной избирательной фильтрации, то подчёркнутая область частотного спектра вызовет у слушателя ощущение какого-то гласного звука человеческой речи. А когда при этом положение области подъёма АЧХ фильтра будет перестраиваться (см. иллюстрацию 7-26), то возникнет впечатление меняющейся артикуляции (скажем,

чередование «*а-о-ю*» при увеличении избирательной частоты или «*и-у-э*» при её уменьшении).

Разумеется, эти примеры — ассоциативны, хотя подобие гласным фонемам, в особенности при их циклических изменениях, довольно убедительное.

Первые образцы электроакустических устройств такой обработки звука при их быстрой перестройке давали устойчивое впечатление чередования букв *а-у* (что и породило английское название «*Wah*»), а в обратном направлении — *у-а*, откуда русский ярлык — «Квакушка».

Перестройка избирательных фильтров эффективно сказывается на тембре звучания, последовательно подчёркивая те или иные спектральные области, в особенности участки формант и прочие доминирующие зоны.

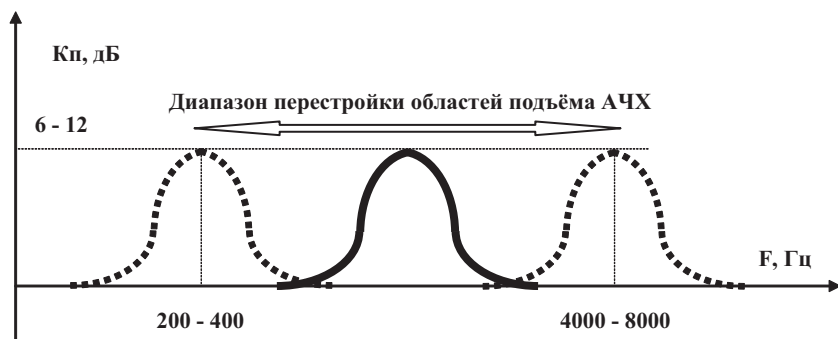


Иллюстрация 7-26.

Приведенные на рисунке количественные данные — приближительны, и зависят от схемотехнических решений. Простейшие устройства на основе однозвенных фильтров перестраиваются в диапазоне 3–4 октав при небольшом подъёме АЧХ (приблизительно 3–6 дБ). А устройства с фильтрами более высоких порядков, с применением катушек индуктивности или так называемых двойных Т-образных мостов, способны перекрывать частотные области в 5–6 октав при подъёмах АЧХ до 12–18 дБ. Модулируемый частотный диапазон адекватен набору ассоциируемых гласных фонем или количеству тембральных вариаций, а величина экстремумов соответствует степени обработки звука.

Управление «квакушкой» определяется поставленной художественной задачей и имеет несколько вариантов.

Если звучание должно «говорить» сообразно мелодическим конструкциям и музыкальной фразировке, как это было у гитары Джима Хэндрикса, перестройка фильтра производится вручную, точнее, вножную, с помощью специальной педали, меняющей параметры электронного устройства. Инструменталист согласует движение стопы со звукоизвлечением, варьируя артикуляцию звука, движущуюся то вверх, то вниз, «от *а* к *и*» или «от *ю* к *о*».

В ином варианте, перемещение избирательной области можно производить быстро и однократно, только в момент атаки звука. Тогда, при движении экстремума АЧХ в высокочастотную сторону возникает ассоциативное ощущение слога «*кью*», а при смещении в сторону низких частот — слога «*пйя*». Этот феномен вызвал у инженеров-электроакустиков желание создать автоматическое устройство, реагирующее на атаку звука и с заданной скоростью перемещающее избирательную область частотного спектра в выбранном направлении.

В литературе, описывающей «квакушки», или в числе плагинов компьютерной обработки сигналов для аудиоредакторов, можно встретить выражения «*тембровое вибрато*», «*тембрато*». Здесь идёт речь об автоциклическом движении экстремума в заданном диапазоне частотных областей, причём слушательское внимание привлекают не столько артикуляционные феномены обработанного звука, сколько тембральные вариации (отсюда и названия). Перемещение избирательного участка АЧХ может быть возвратно-поступательным по синусоидальной или треугольной форме, с частотой модуляции от 0,1 до 20 Гц. Есть возможность изменять тембр скачкообразно, по прямоугольному закону. Этот вариант уместно называть «тембровым тремоло». При высокой частоте модуляции такая краска, в соответствующем контексте, вызывает впечатление стресса или производит комический эффект.

В физических устройствах или компьютерных звеньях обработки у «квакушек» может варьироваться также добротность перестраиваемого фильтра, суть степень его избирательности. При этом изменение слушательских впечатлений будет зависеть от характера исходного сигнала, от плотности или, наоборот, разрежённости его частотного спектра. Если последний близок к сплошному, как у септаккордовых звучаний большой группы струнных смычковых инструментов, электрогитар со звуком, обработанным по типу *fuzz* (см. выше), или неинтонирующих ударных, то устройство

с высокой избирательностью даст ощущение «резкого разговора», «раздражённой речи», т. п., тогда как широкая зона подъёма АЧХ, соответственно при малой добротности фильтра, обработает звук деликатнее, создав впечатление мягкости и ласки.

Если же частотный спектр исходного сигнала не богат обертонами, то его обработка «квакушкой» может оказаться неэффективной. Это замечание особенно относится к случаю, когда спектр звучания является натуральным, с кратными гармониками (например, у флейты, играющей *piano* в нижнем регистре), а применяемое устройство обладает высокой избирательностью, так что какие-то области перестройки экстремумов АЧХ не найдут своих адресатов (см. иллюстрацию 7-27).

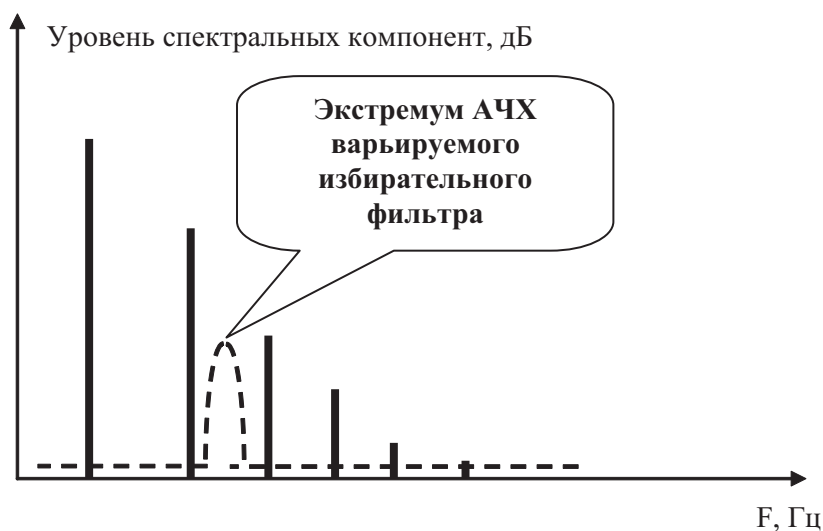


Иллюстрация 7-27.

Фазовые модуляторы и модуляторы времени задержки

Устройства, в которых фаза выходного сигнала по отношению ко входному циклически модулируется в диапазоне не менее $\pm 60^\circ$, что даёт ощутимый слуховой эффект, получили в своё время у исполнителей эстрадной музыки большое распространение под общими названиями «*Phaser*» или «*Phasing*». Широкополосные

управляемые фазовращатели, особенно в бинауральном слушании, придавали звуку какую-то ненавязчивость, лёгкое, необъяснимое *vibrato*, вроде бы амплитудное, но при этом не меняющее громкости; вроде бы высотное, но без ощущения транспонирования. Азимутальная неопределённость в стереофонических картинах снискала таким звучаниям фонографическое амплуа: фактурные заполнения, педализирующее сопровождение, *background*.

Однако многим музыкантам глубина эффекта казалась недостаточной. Появившиеся в числе художественных критериев такие свойства, как «напор» (*drive*) и даже «агрессивность» требовали менее деликатных средств обработки звука, хотя лишаться электроакустических завоеваний не хотелось. И тогда на смену эффекту «*phaser*» пришёл собрат, в котором фазы всех компонент сигнального спектра модулировались с разной глубиной: чем ниже частота, тем меньше девиация фазы. Так происходило оттого, что циклическому изменению подвергались не параметры широкополосного фазовращателя, а время сдвига выходного сигнала по отношению ко входному. При прослушивании сигнальной смеси было яркое впечатление высотного *vibrato* и, что вполне естественно, хорошо замечалась несинхронность исходного и обработанного звуков, причём степень несовпадения как будто бы хаотически изменялась.

Варьируемыми параметрами здесь были: величина начальной (средней) звуковой задержки, устанавливаемая в приблизительном диапазоне 0,1–100 мсек.; циклическая девиация этого времени, суть глубина модуляции (до $\pm 100\%$); частота этой модуляции (0,1–20 Гц). Дополнительно можно было модулировать амплитуду выходного сигнала (также циклически, причём иногда с частотой, отличной от частоты модуляции времени задержки).

Поскольку небольшие интонационные и временные смещения наблюдаются в хоровом пении, описанный эффект называли «*chorus*». Действительно, если начальное время задержки было не менее 7–15 мсек., то появлялось ощущение «раздвоения» голосов. Более отчётливый «хорус» возникал со стереофоническими устройствами обработки, когда центральному фонографическому изображению исходного голоса сопутствовали звучания слева и справа двух «новых персонажей».

При меньших временных параметрах, а также малой частоте модуляции с небольшой её глубиной, можно было получить

иллюзию расширения виртуального источника звука, что весьма актуально для пространственных изображений в стереофонических картинах.

Если в устройстве, реализующем *«chorus»*, создать цепь обратной связи, соединяя в текущей интерференции входной и выходной сигналы, то, как известно, получится гребенчатая фильтрация со специфической окраской звука (см. спектрограмму на иллюстрации 7-17). Поскольку время задержки циклически модулируется, то и положение «зубьев гребёнки» нестационарно: спектральные экстремумы будут перемещаться то влево, то вправо. Это усиливает колористические впечатления. Мы слышим какие-то экзотические завывания; в аккордах последовательно выделяются и пропадают составляющие их звуки; шумы окрашиваются странными *glissando*, а музыкальные тембры как бы обволакиваются каймой, густой и вызывающей тревогу, когда начальное время задержки велико. Напротив, звучание становится свистяще-пронзительным, если это время маленькое.

При высокой степени модуляции времени и большой глубине обратной связи возникает ощущение сильной звуковысотной расстройки.

Именно наличие гребенчатого фильтра породило название прибора для получения описанных звуковых эффектов. Гребень в английском языке — *the flange*. «Флэнжер» как физическое или программное устройство является сегодня самым универсальным автоциклическим модулятором временного сдвига. Здесь можно также обрабатывать сигнал и по типу *«chorus»*, стоит только исключить обратную связь (*feedback*, см. иллюстрацию 7-28).

В плагине *«MetaFlanger»* фирмы *Waves* в качестве дополнительного сервиса возможно инвертирование фазы выходного сигнала или фазы сигнала обратной связи. Последнее действие зеркально меняет вид интерференционной картины: спектральные «пики» в гребенчатой фильтрации становятся «провалами», и наоборот.

Весьма впечатляющим является противофазное управление этим программным устройством, да и вообще любым автоциклическим модулятором в стереофоническом варианте. Это означает, что если для одного из канальных сигналов стереозаписи время задержки растёт, то для другого — падает строго по той же фор-

ме модуляции. Если высота звучания при автоциклическом *vibrato* в левом канале стереопередачи увеличивается, то в правом — уменьшается. При обработке стереозвука устройством «*woh-woh*» экстремумы АЧХ перемещаются во взаимно-противоположных направлениях. Так или иначе, в спектре выходного стереофонического сигнала существует противофазная составляющая инфранизкой частоты (соответственно частоте модуляции устройства), что в человеческом восприятии рождает образ головокружения, корабельной качки, т. п.

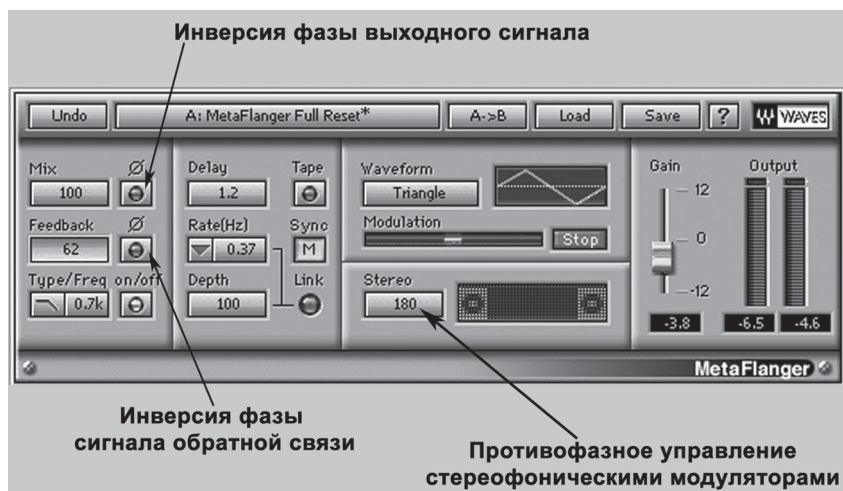


Иллюстрация 7-28.

Надо сказать, что всякая стереофоническая вибрация заметно делокализует фонографический объект, и это обстоятельство можно использовать, к примеру, для изложения педализирующих музыкальных линий. Пусть следующая строфа Беллы Ахмадулиной не о звуковом изображении, но возникает очень точная звукозрительная ассоциация:

**Вот так, когда вибрирует предмет
и велика его движений малость,
он зрительно почти сведён на нет
и выглядит как слабая туманность.**

(из стихотворения «Озноб»)

§ 7-9. Взаимная модуляция сигналов.

Вокодер

...Отговорила роща золотая
Берёзовым весёлым языком...
(С. Есенин)

...И звезда с звездою говорит...
(М. Лермонтов)

...Это — образ чьей-то грёзы,
Это — призраки и сны.
Все предметы старой прозы
Волшебством озарены!..
(В. Брюсов)

Сколько поэзии в речи неодушевлённых (а, может, это нам только кажется, что неодушевлённых) вещей? Пожалуй, нет ни одного литератора, который хоть раз в своём творчестве не сказал бы о говоре моря, леса, неба или травы.

Музыкальные изобретения, ма́стерские оркестровые краски, уникальные приёмы звукоизвлечения у струнных или духовых инструментов, особенно при возможности свободного, безладового интонирования, вполне способны изобразить, как, например, «...буря мглою небо кроет, вихри снежные крутя. То, как зверь она завоет, то заплачет, как дитя...» (А. Пушкин). Но заставить музыкальные или шумовые звучания артикулировать человеческим языком, дополняя природное акустическое начало семантическим свойством, решать звуком художественные задачи, связанные с антропоморфизмом, — такого, наверное, до последних открытий электроакустики и звукорежиссуры, ещё не было.

Трансформация сигналов, о которой пойдёт речь, в своей основе давно известна в технике под названием взаимная, или перекрестная, модуляция. С математической точки зрения, это — умножение одного сигнала на другой. Поэтому, когда у одного из них пауза, то результатом умножения является тишина.* А когда оба

* Это справедливо только теоретически, так как схемотехника электронных перемножителей не всегда гарантирует результат $A \cdot 0 = 0$; происходит лишь сильное ослабление выходного сигнала.

сигнала отличны от нуля, то на выходе перемножителя существует нечто, содержащее подобие признаков одного и другого звуков. И если в какой-то момент времени у обоих входных сигналов встречаются спектральные составляющие, близкие по частоте, в результате образуются биения со своими суммарно-разностными компонентами.

Простейшие перемножители сигналов, так называемые кольцевые модуляторы (*Ring modulators*) звукорежиссёры применяли ещё в 80-х годах прошлого столетия. Как правило, одним из сомножителей являлся чистый тон, синусоидальный сигнал с частотой, по возможности, далёкой от основных спектральных линий обрабатываемого звука. Тогда снижалась вероятность получения нестационарных биений, и результат обретал некую определённую. Так, например, перемножение сигналов малоподвижного одноголосного гитарного соло и синусоидального колебания частотой 40–60 герц давало звук, похожий на колокол. А взаимная модуляция сигнала тенор-саксофона и тона с частотой 5000–8000 герц создавало впечатление дуэта саксофона с засурдиненной трубой.

Но и взаимное перемножение с чистым тоном, лежащим по частоте в том же регистре, что и исходный сигнал, может дать результат, имеющий убедительный драматургический смысл. В одном из произведений Сергея Баневича, записанных в пластинке «На тихой дудочке любви», звучание соло фортепиано постепенно превращается в какую-то абсолютно нереальную, размазанную деструкцию, образ того, что может случиться в результате чудовищной природной или социальной катастрофы. Здесь была применена взаимная модуляция фортепианного сигнала и чистого тона с частотой порядка 300 Гц.

Можно перечислить массу способов перемножений сигналов с дополнительным использованием детектирования, фильтрации, преобразований Гильберта-Ишуткина. Сейчас такой исторический экскурс будет интересен, пожалуй, инженерам-электроакустикам, а не звукорежиссёрам.

Цели сходились в одном: сохранить собственные признаки сигнала, но придать ему что-то из несвойственных конкретных качеств. Так появился класс физических, а позже программных, устройств под названием «*VOCODER*». В результате обработки здесь можно было получить артикулирующие, говорящие музыкальные или шумовые звучания.

На иллюстрациях 7-29 и 7-30 изображены интерфейсы компьютерных устройств перекрёстной модуляции, первое из которых включено в аудиоредактор «*Samplitude PRO*», а второе — плагин «*Waves Morphoder*».

Сигналом, подвергающимся модуляции (его называют также несущим сигналом, сигналом заполнения, — в англоязычной редакции «*Carrier*») может быть любое непрерывное звучание: мелодические соло или аккорды, исполненные группой струнных или духовых инструментов, а также органом, хоровой вокализ, шум любого рода, т. п. Сигналом модулятора, в общих случаях, является неинтонированная человеческая речь, и тогда несущие звуки начинают артикулировать, сохраняя при этом свои звуковысотные положения. Для убедительного эффекта «нечеловеческой» речи желательно применение таких фрагментов музыкальных звучаний, чей темп значительно ниже темпа произносимых слов. В противном случае интонационные музыкальные движения будут для слухового восприятия актуальнее фонемных. Учитывая это обстоятельство, в качестве несущего материала используют малоподвижные либо «застывшие» звуки, или музыкальные фразы, темпоритмически согласованные с модулирующей речью.

Вокодер аудиоредактора «*Samplitude PRO*» обрабатывает звуковые сигналы с динамической фильтрацией в 100 независимых частотных полосах, что, при необходимости, существенно снижает артефакты взаимной модуляции. Сигналами заполнения могут являться любые звуковые файлы (*.wav), моно- или стереофонические.

10 предлагаемых самой программой «*Samplitude PRO*» вариантов таких файлов демонстрируют звукорежиссёру примерные параметры для самостоятельного изготовления нужного материала.

Плагин «*Waves Morphoder*» позволяет создавать несущие сигналы нужной высоты на клавишном инструменте, соединённом с компьютером по *MIDI*-интерфейсу. Используются звуки из набора, предлагаемого самим плагином (*Synth*). Ясно, что темпоритмическое согласование с модулирующей речью при этом выполняется значительно проще и успешнее. Здесь можно также уточнять высотный строй (*Tune*) и вносить коррективы временного свойства (*Smoothing*), вплоть до иллюзии реверберации (*Release*).

И вокодер аудиоредактора «*Samplitude PRO*», и плагин «*Waves Morphoder*» содержат, среди прочего, в качестве заполняющего

материала розовый шум. Интонированная вокальная речь, модулирующая такой шум, создаёт образ «говорящего» морского прибора или ветра. Ну, как тут не вспомнить эпизод из пушкинской сказки о спящей царевне и семи богатырях!?

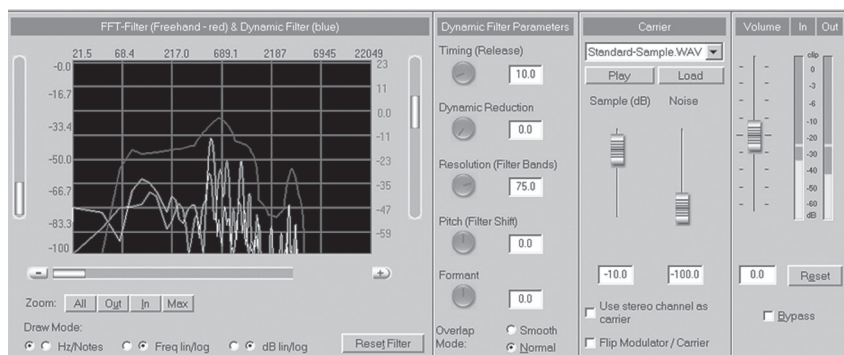


Иллюстрация 7-29

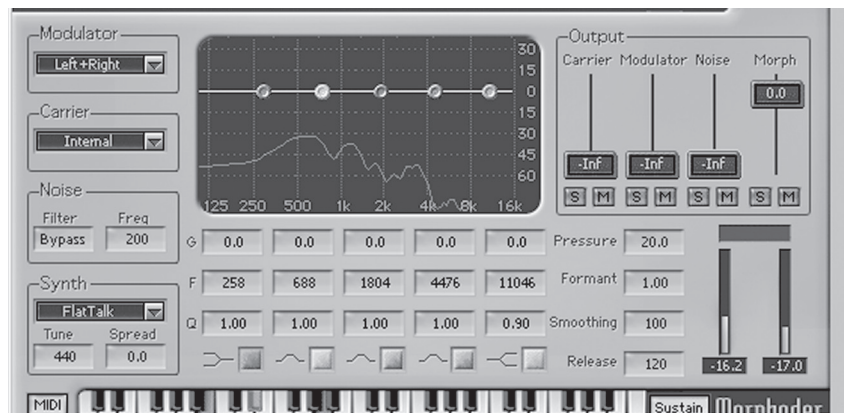


Иллюстрация 7-30

Не только речевой сигнал может выполнять модулирующую функцию. Если управляющим звуком является, к примеру, запись фрагмента ударных, то заполняющий материал обретёт ритмическую пульсацию при сохранении своих звуковысотных и тембральных качеств.

Оба из приведенных вокодеров имеют возможность тонального смещения заполняющего звука (*Pitch* или *Tune*), а также подчёркивания регистровой области (*Formant*).

В вокодере аудиоредактора «*Samplitude PRO*» возможен режим собственной автомодуляции, когда обрабатываемый звук является одновременно и модулирующим и заполняющим (функция «*Use stereo channel as carrier*»). Возникающие от такой суперпозиции искажения придают звуку весьма специфические свойства, комментировать которые можно, пожалуй, только в каждом конкретном случае.

§ 7-10. Диффузная окраска звука

Мы уже говорили, что действия локальных акустических резонансов помещений, полнокровной реверберации или просто ранних отражений издавна воспринимаются как эффекты наиболее естественной звуковой колористики. Не изменяющие природу звукообразования, эти натуральные средства окрашивают акустические источники подобно тому, как специфическая освещённость влияет на изображения людей или предметов, находящихся под её покровом.

Нарочитые приёмы диффузной фоноколористики, в первую очередь, используются режиссёрами, как способ показа места звукового действия. Акустика храмов, особенно православных, с их высокими куполами и, соответственно, большими задержками звука, акустика длинных тоннелей с явно выраженными «трубными» резонансами и большим временем реверберации именно в этих спектральных экстремумах, или полное отсутствие рассеянных звуков, когда только едва заметное эхо с одним-двумя рефлексам говорит нам, что мы находимся на центральной площади большого города, — всё это суть традиционные краски, без которых вряд ли мыслимы многие драматургические звуковые решения.

Но представьте себе, что уровень и время реверберации настолько невелики, что её *слуховое восприятие благодаря психоакустической постмаскировке* завершается прежде полного затухания прямого звука; представьте себе, что в диффузных сигналах отсутствуют специфические спектральные резонансы, а временные сдвиги ничтожны. Тогда эта небольшая реверберация способна слиться с породившим её звуком, стать его колористической частью, отнюдь не намекая на место действия.

Диффузная колористика особенно эффектна, когда в спектре сигнала реверберации есть существенные резонансы (см. иллю-

страцию 7-31). Поскольку данная обработка звука дополняет его пространственными признаками, пусть даже ничтожными, изображение обретает некую округлость, иллюзию объёма и полноты. Возрастает ощущение звуковой плотности, так как динамика спектра реверберации чуть-чуть отстаёт от таковой у прямого сигнала, поэтому в каждый момент времени суммарный спектр обогащается компонентами, лежащими вблизи исходных.

Одинаковость АЧХ — залог достоверной собственной принадлежности.

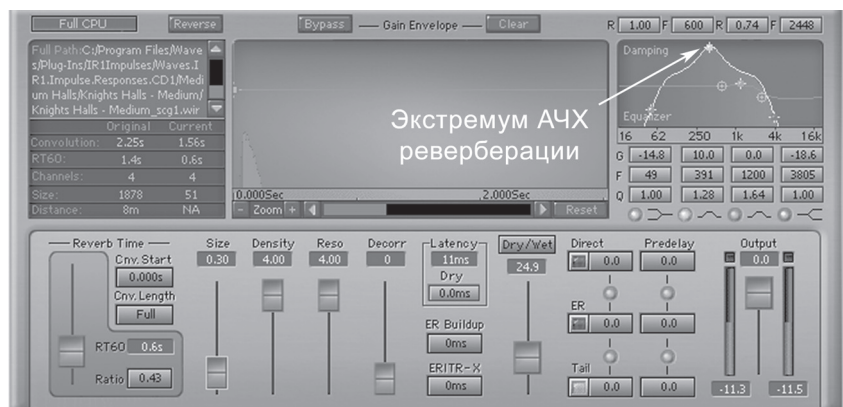


Иллюстрация 7-31

Разумеется, время начальной задержки сигнала реверберации должно быть если не нулевым, то минимально возможным. При этом конечно, следует учесть, что кажущееся расстояние до фонографического объекта (звукоизобразительный план) может несколько измениться.

Возможны два варианта использования диффузной окраски звука. В первом случае спектр сигнала реверберации делается подобным спектру исходного сигнала, в смысле формантных экстремумов, спадов энергии на краях спектрального диапазона, пр. Тогда колористическое воздействие усилит то, что свойственно самому источнику, сообщив ему лишь упомянутую округлость. Во втором случае спектр сигнала реверберации делается умышленно отличным от спектра исходного сигнала; тогда источник окрашивается новым «акустическим светом» и обретает сильный звукоизобразительный акцент.

Здесь решаются не только драматургические задачи: даже по формальным признакам такой звук станет значительно более различимым в сложной, насыщенной картине.

Специфическая окраска за счёт диффузных сигналов одно время изобиловала модными эффектами. Так, например, в середине 70-х годов прошлого века существовало, чуть ли не повальное, увлечение вокальной реверберацией с утрированным подъёмом её АЧХ в высокочастотной области, вопреки свойствам натуральной акустики. Нарочитость усиливалась ещё и тем, что время искусственной реверберации явно завышалось. «Рассыпающиеся» звонкие, шипящие и свистящие согласные вокальной речи придавали голосам певцов экстравагантность, какой-то эстрадный шик. Напротив, в контрасте с такими приёмами, можно было наблюдать увеличенную гулкость при избирательном подъёме спектра на частотах порядка 200–400 Гц, что делало человеческие голоса очень тёплыми и притягательными.

Конечно, как всегда, нужно соблюдать меру в применении реверберации, тем более что стилистике звукозаписей некоторых музыкальных видов вообще свойственна чрезмерная акустическая сухость. К примеру, многие записи джазовой музыки, произведенные в первой половине XX века, изображали не только солистов-инструменталистов и певцов утрированно крупно, но даже второй план аккомпанемента строился лишь за счёт незначительного снижения громкости, реже — со спадами спектра, и уж никогда не использовались диффузные признаки удалённости. Очевидно, считалось, что традиционное ансамблевое и даже оркестровое джазовое музицирование — занятие отнюдь не филармоническое, следовательно, любой намёк на акустику концертного зала с её априорной реверберацией — нонсенс.

Надо заметить, что дополнительное реверберирование звука в нюансе *ppp* ощутимо «поддерживает» едва слышимый голос. Громкое музицирование в такой обработке не нуждается, ибо реверберация — процесс нелинейный: натуральные акустические пространства легко активизируются от мощных сигналов, а слабые звуки, особенно в высокочастотной спектральной области, настолько утрачивают свою энергию при пробеге звуковых волн, что уровень возникающей ничтожной диффузии может оказаться ниже возможностей слушательского восприятия, особенно при наличии

побочной маскировки. Средства же современных компьютерных аудиопрограмм, способных редактировать сколь угодно малый фрагмент звукозаписи, позволяют дать реверберационную окраску любым сигналам, независимо от их мощности; тогда и слабое начинает звучать без страха потеряться в огромном динамическом пространстве музыкального действия.

§ 7-11. Создание искусственных формант

Если натуральные формантные образования в спектрах инструментальных или вокальных голосов выражены слабо, то их усиление, как известно, можно произвести избирательной коррекцией АЧХ.

Если форманты у акустического источника по каким-либо причинам отсутствуют, то их можно создать искусственно.

Генерация гармонических, или переменных формант в текущем спектре одноголосного звука выполняется сегодня во многих обрабатывающих отделах компьютерных аудиоредакторов или подключаемых *plug'ins*.

Но яркой индивидуальной принадлежностью акустического источника являются стационарные форманты — спектральные линии или зоны, положение которых на оси частот не зависит от высоты извлекаемого звука (см. главу «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**»).

Исследователи в области психоакустики обнаружили, что одиночная формантная компонента спектра ведёт себя как некая «говорящая синусоида», воспроизводящая, так сказать, на своём языке информацию родителя-источника. Семантическая общность, единство динамических движений и ритмических форм, слияние артикуляций, — всё это делает форманту для слушательского восприятия абсолютно неотделимой от акустического источника.

Попробуйте вообразить себе вокалиста, лишённого высокой певческой форманты, или так называемого «грудного» тембра! Куда денутся полётность и наполненность? А сохранит ли яркость звук скрипки, если вдруг из его спектра исчезнет «линия Страдивари» (≈ 3900 герц)? И насколько узнаваемым останется фагот без своих характерных 500 герц?

Конечно же то, что дано природой, никуда не исчезнет. Но существование стационарных, или постоянных, формант породило

соблазн привить их электроакустическими способами тем объектам звукозаписи, которым они не свойственны.

И с философской, и с математической точки зрения общность есть произведение сомножителей. Именно в этом ключе, по меньшей мере, до сих пор, ведутся основные работы по созданию искусственных формант.

Цель и объём данной книги, к сожалению, не позволяют совершить подробный экскурс в историю данных исследований. Запомним только, что самые уникальные идеи принадлежат, пожалуй, покойному доктору технических наук профессору Юрию Михайловичу Ишуткину. Он предлагал использовать для создания искусственной форманты так называемую гильбертову пару, когда компонента мгновенной амплитуды будет играть роль информационной части результирующего сигнала, а компонента мгновенной частоты, выделенная из чистого тона или узкополосного шума, станет собственно формантой.

Увы, сегодня эта работа никем не продолжается. Сохранилась лишь её ценная теоретическая часть.

Исследование работы вокодеров и компьютерных программ искусственной реверберации навело автора этой книги на мысли о создании псевдоформант с помощью именно таких средств обработки звука.

Действительно, вокодер, как мы уже видели выше, производит нечто вроде перемножения двух сигналов. Попробуем поменять местами несущую и модулирующую составляющие (опция «*Flip Modulator/Carrier*»). И если теперь заполняющим материалом (*Carrier*) послужит чистое тональное (синусоидальное) колебание, а огибающей (*Modulator*) — сам звуковой исходный материал, одноголосный вокальный или инструментальный, то на выходе вокодера получится, обиходно выражаясь, «артикулирующий синус» (см. иллюстрацию 7-32).

В изображённом примере использован отрезок синусоидального сигнала с частотой 250 Гц, уровнем — 6 дБ и продолжительностью в 10 секунд. Добавка такой искусственной форманты в большинстве случаев делает человеческий голос мягким, бархатистым. Шумовая составляющая (*Noise*) исключена, хотя её небольшая дозировка вносит в звучание яркость, при которой, может быть, отпадает необходимость в отдельном создании высокочастотной форманты (при частоте заполнения 3000–4000 Гц).

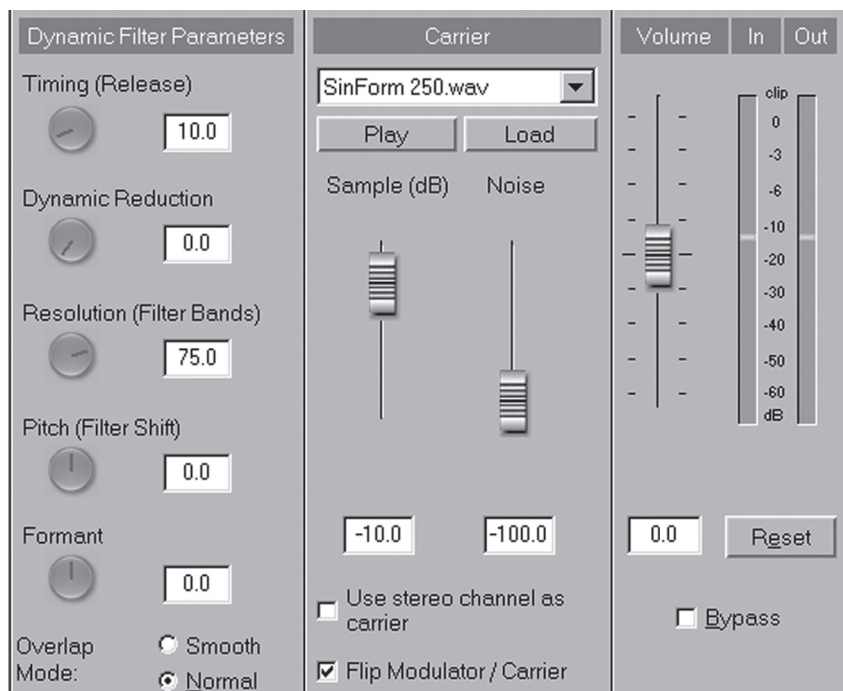


Иллюстрация 7-32.

Поскольку данное программное устройство не было рассчитано напрямую для описанного применения, степень формантной окраски можно регулировать только путём внешнего суммирования выходного и исходного сигналов. Для этого в многоканальном звуковом редакторе создаются две дорожки с одинаковым содержанием; в канал одной из них и включается вокодер.

В числе реверберирующих плагинов существует продукт фирмы **Sonic Foundry** с названием «**Acoustic Mirror**». Суть этого «акустического зеркала» состоит в применении к обрабатываемому сигналу процесса диффузного затухания, предварительно исследованного в реальных помещениях: театральных и концертных залах, студиях звукозаписи, церквях, т. д. При изготовлении так называемого реверберационного импульса используется мощный короткий звук (например, выстрел из стартового пистолета); частотный спектр такого акустического сигнала, как известно, широк и равномерен. В соответствии со статистической теорией реверберации, затухание звука фиксируется как программный образ множественных повторений

импульсного сигнала, с характерной для исследуемого помещения формой накопления и спада диффузной акустической энергии. Соответствующий этому процессу операторный файл (с расширением *sfi*) производит в плагине «*Acoustic Mirror*» подобное реверберационное затухание обрабатываемого звука.

Проводившиеся автором эксперименты показали, что операторные файлы можно создавать непосредственно в компьютерных аудиоредакторах, без всяких акустических измерений, на основе любого исходного материала, и с абсолютно произвольной временной структурой, вплоть до абсурдной, когда диффузный сигнал несколько раз убывает и возрастает вновь. Получаются экзотические результаты якобы реверберационной обработки. Характерно, что при этом плагин «*Acoustic Mirror*» успешно принимает в качестве операторных стандартные звуковые файлы **.wav*; достаточно просто заменить данное расширение на **sfi*.

Время описываемой искусственной реверберации соответствует звуковой продолжительности операторного файла. Если для его создания применять затухающие синусоидальные колебания или узкие шумовые полосы, то обработка вносит в звук заметную тональную окраску. Разумеется, для реверберационных имитаций это нежелательный эффект.

Но когда продолжительность операторного файла снижается до нескольких миллисекунд, то искусственная реверберация уже не воспринимается человеческим слухом как таковая. Возникает ощущение априорного колористического качества источника, спектральной звуковой форманты. Действительно, «тональное послезвучание», сверхкороткое по сравнению с атаками и затуханиями любого реального акустического сигнала, ассоциируется скорее с некими резонансами, свойственными, к примеру, грудной клетке человеческого голоса.

На иллюстрации 7-33 приведена осциллограмма операторного импульса, полученного в аудиоредакторе «*Sound Forge*». Здесь к 10-миллисекундному отрезку узкополосного ($Q = 20$) шума с центральной частотой 4000 Гц применена операция *FADE OUT* с экспоненциальной формой затухания, что адекватно идеализированному процессу реверберации.

Следом иллюстрируется фрагмент плагина «*Sonic Foundry Acoustic Mirror*». Файл короткого затухающего звука, присвоивший ярлык **.sfi*, воспринят плагином как образ реверберационного процесса продолжительностью 0,01сек. Степень формантной окрас-

ки здесь легко регулируется соотношением параметров «*Dry Out*» и «*Wet Out*». Узкая частотная полоса в районе 4000 Гц соответствует области высоких певческих формант у сопрано (иллюстрация 7-34).

Надо заметить, что если в спектре обрабатываемого сигнала присутствует компонента с частотой, близкой к частоте операторного импульса или заполняющего тона (*Carrier*), — например, извлекается звук соответствующей высоты или источник вдруг проявляет собственную форманту, то в виде побочного эффекта могут возникнуть биения, наполняющие обработку суммарно-разностными модуляционными искажениями. Поэтому выбор частоты искусственной форманты необходимо производить тщательно, проверяя её действие во всех фрагментах музыкального материала.



Иллюстрация 7-33

Эстетика и средства специфической обработки звука сегодня прогрессируют настолько бурно, что настоящая глава книги чуть ли не ежегодно будет требовать каких-то редакций и дополнений.

Однако, наблюдения показывают: все нововведения в данном предмете базируются на принципах, известных уже более полувека. И ссылки на них регулярно встречаются на этих страницах.

Тенденции развития современных, преимущественно компьютерных, способов обработки сигнала, состоят в создании программ,

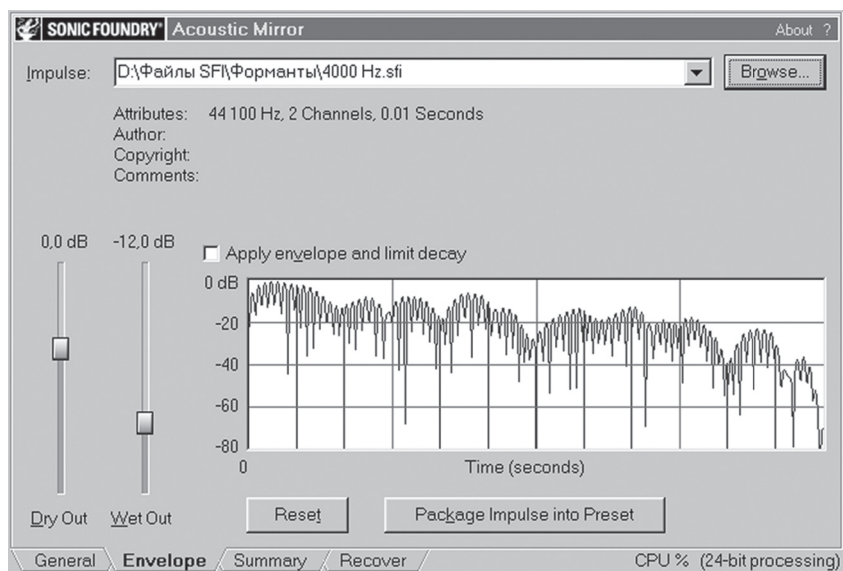


Иллюстрация 7-34

объединяющих в себе разные средства воздействия на звук. Достаточно рассмотреть такие плагины или собственные функции аудиоредакторов, как *Enigma* (загадка), *Convolution* («скручивание») или *Doubler*, и мы увидим, что в них присутствуют в тех или иных комбинациях уже известные из этой книги действия: манипуляции с атаками сигналов, динамическая коррекция АЧХ, задержка звука и его константное или циклически изменяемое транспонирование, обратные связи, рождающие эхо, и тому подобное.

И дальнейшие совершенствования будут происходить столько, сколько неизведанного таят в себе бесконечные сочетания множества звуковых обработок в их различной последовательности!

В эволюции звуорежиссёрской палитры есть, пожалуй, некий философский феномен. Звук — явление механическое, временное, пространственное, и способное вызывать зрительные ассоциации. И как бы его не трансформировали, он обязан сохранять свои физические качества. Поэтому в манипуляциях со звуком уместно и эффективно лишь то, что влияет на его интенсивность, возникновение, развитие, распространение и исчезновение. Тогда психоакустика свершит своё дело, и слушателю откроются новые свойства, доступные художественной звукопередаче.

Глава 8.

РЕЖИССЁРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ЗАПИСЕЙ

Любая режиссура (от лат. *rego* — управляю), в том числе и звукорежиссура, на всех этапах работы проявляется в специфических формах организации творческого и технологического процессов. Мы фантазируем, когда какой-то сценарий, пьеса или музыкальное произведение рождают художественный замысел на языке нашего искусства, но если мысли и чувства не подчинены авторской воле, бесформенный поток идей вряд ли даёт какой-то результат даже в подсознании. И постепенно едва различимые оттенки этого сумбура выстраиваются в эстетически закономерную гамму. Абстракции, понятные пока лишь автору, становятся элементами умозрительной конструкции, образуются их взаимосвязи, незримое является ему уже видимым полотном, неслышное начинает звучать, и вот только теперь, как говорил французский кинорежиссёр Рене Клер, «мой фильм уже готов, остаётся только снять его».

Разумеется, творческий процесс — дело сугубо индивидуальное. Тщетны попытки выявить в нём какую-то технологическую схему. Ибо всё, что здесь происходит с нами, на самом деле рождается вне нас. Вдохновение не приобретёшь, и не опишешь. Автор, хорошо владеющий ремеслом, лишь переводит идеи на язык своего искусства, организует их, и в этом волевом акте состоит первое из режиссёрских начал.

У звукорежиссёров итогом этого процесса является умозрительная звуковая картина, где каждый голос партитуры может быть персонифицирован. Соответственно, в фонографической структуре определяются мизансцены, и они диктуют способы первичной записи, микрофонные позиции, начальную акустическую отделку, пр. Так, например, ясно, что для приёма голоса, который будет излагаться в удалённом плане, нельзя устанавливать микрофон в непосредственной близости от источника, или следует избегать чрезмерной передачи диффузных звуков тонателё, специфика которого чужеродна для записываемой сцены.

Конечно, бывает и так, что фонография подчинена традиции, стереотипам, или представляет собой электроакустический протокол, то, что когда-то именовалось «записью по трансляции из концертного зала». Но ведь и в каждом из этих случаев очевидна своя звукоизобразительная идея, следовательно, также могут быть определены исходные принципы.

Анализируя партитурный материал, учитывая свойства тонаталье, исполнительские возможности, а также то, насколько в фонографии требуется акустическое единство или, наоборот, разобщённость, звукорежиссёр определяет один из трёх технологических вариантов: исключительно многоканальную запись, с изоляцией звуковых источников в пространстве или во времени (запись с наложениями), одновременную стереоканальную запись, паллиативную многоканальную запись, когда артисты работают одновременно в общем пространстве тонаталье, но сигналы разных микрофонов записываются на разные дорожки многоканального тракта. Последний вариант оптимален для музицирования и даёт звукорежиссёру возможность в процессе дальнейшей перезаписи (сведения) уточнить громкостные и тембральные балансы, ввести, при необходимости, дополнительную электроакустическую обработку. Но ошибки отдельных исполнителей, совершённые ими при общей работе, в данной технологии почти никогда не могут быть исправлены локально, ибо их, как правило, «слышит» не только собственный микрофонный канал, но и соседние. Приходится делать повторный дубль записи неудачного фрагмента, выполнять его перезапись, а затем монтировать фонограммы.

При техническом несовершенстве студий* применяется одновременная моно- или стереоканальная запись, с множественными дублями и «дописками», с последующим монтажом. Такой организационный вариант требует безошибочности от звукорежиссёра: здесь неточности в балансе сигналов, их спектральном качестве и частичных диффузно-реверберационных обработках в дальнейшем могут оказаться непоправимыми. Кроме того, это наиболее возможно, если акустические свойства тонаталье хорошо коррелируются с музыкальным жанром, а одновременное исполнение не вызывает у артистов никаких проблем.

Полная многоканальная запись обладает богатыми возможностями, как в отношении исправления локальных ошибок, так

* Имеется в виду отсутствие комплексов многодорожечной записи звука.

и в плане скрупулёзной работы над звуковым изображением, над тембральной и акустической отделкой. Организуя её, звукорежиссёр определяет, в какой последовательности должны записываться разные голоса партитуры, следует ли их изолировать друг от друга в записи, или как-то группировать, учитывая специфику музицирования или особенности музыкального произведения, его партитуры. Нужно учесть, что записывающиеся первыми (как правило, это группа ритма в произведениях эстрадных, популярных или рок-жанров, иногда — только ударные инструменты) должны сыграть свои партии, в пределах номера или его фрагмента, целиком; тем самым создаётся метрономическая канва, на которую при дальнейших наложениях будут ориентироваться другие исполнители. Для последних процесс значительно облегчается: электронный монтаж в аппаратуре многоканальной записи позволяет делать «вписывания» для локального исправления неудавшихся кусков. Такая работа над сколь угодно малыми фрагментами даёт также возможность гибких вариаций в выборе тембров, способов обработки звука, пр.

На этапе микрофонного приёма основным руководством является соотношение виртуальных размеров квазиисточников звука, их стереометрическое взаимоположение в задуманной фонографии. Если запись ведётся по многоканальной технологии, методом наложений, разделённых во времени или с акустической изоляцией объектов, то микрофонные сигналы автономно «охватывают» собственный звуковой персонаж с задатками признаков его ширины и удалённости. Здесь же возможно использование специфической обработки сигналов, если таковая необходима для формирования звуковой природы, или если работа электроакустического прибора должна корректировать способ звукоизвлечения.

(Два поясняющих примера: 1. хорошо известный гитаристам способ обработки «*fuzz*»* требует максимальной амплитуды колебания струны при длительном отсутствии её демпфирования, а в одноголосном *solo* нежелательны призвуки от соседних струн, неактуальные в отсутствии указанной обработки; 2. добавление эхо связано с длительностью извлекаемого звука и требует «стерильной» паузы после него, ибо повторяющиеся случайные шумы воспримутся как самостоятельные и ненужные звуковые элементы).

Предварительный анализ материала позволяет сделать необходимую подготовку к раздельной записи всех голосов. Педантичные

* См. § 7-4.

звукорежиссёры объединяют все нужные сведения в так называемую **экспликацию** (от лат. *explicatio* — разъяснение, легенда); это особенно необходимо при записи произведений крупной формы, где всё подчинено общей драматургии, и любые случайности крайне нежелательны. В этом случае экспликация содержит подробное описание каждого эпизода, сцены, фрагмента, с их предполагаемыми звуковыми картинками и соответствующими способами технической, в частности, микрофонной, реализации.

При подготовке экспликаций к многоканальным записям с использованием **многодорожечного магнитофона** нельзя забывать, что группа сигналов большого количества микрофонов, соединившись в пределах одной дорожки, автоматически превратится в монофонический источник, вызвав впоследствии, при перезаписи (сведении) известные проблемы, если возникнет желание изобразить квазиобъект протяженным*. Стереопара должна оставаться стереопарой на всех технологических этапах, и, хотя это кажется очевидным, небрежность некоторых коллег в стремлении «экономить дорожки» просто поражает и заставляет время от времени напоминать о взаимоотношении целей и средств**.

Когда звуковая картина записывается по одновременной стереоканальной технологии, режиссёр разрабатывает схему размещения артистов и микрофонов в тонаталье. Если при этом один стереофонический микрофон является приёмником общего звукового изображения, то акустические источники в зоне его «видения» должны располагаться подобно задуманному виртуальным источникам в звуковой картине. Сигналы локальных микрофонов используются для дополнительной фонографической конкретизации, тембральных подчёркиваний, укрупнения *solo*, т. п. (см. иллюстрации 8-1 и 8-2).

Следующий этап звукорежиссёрской организации — проведение перезаписи многоканальной фонограммы в необходимый формат: стереоканальный для компакт-дисков, монофонический для телевизионного вещания, т. д. Принципы аппаратной конфигурации на стадии перезаписи читатель найдёт в главах **«ТЕХНИЧЕСКАЯ ПАЛИТРА ЗВУКОРЕЖИССЁРА»** и **«РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОНОГРАММ»**; метод её осуществления выбирается

* См. главу **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»**.

** Конечно же, данное замечание не актуально в случае компьютерной аппаратуры записи при достаточном количестве аналого-цифровых преобразователей.

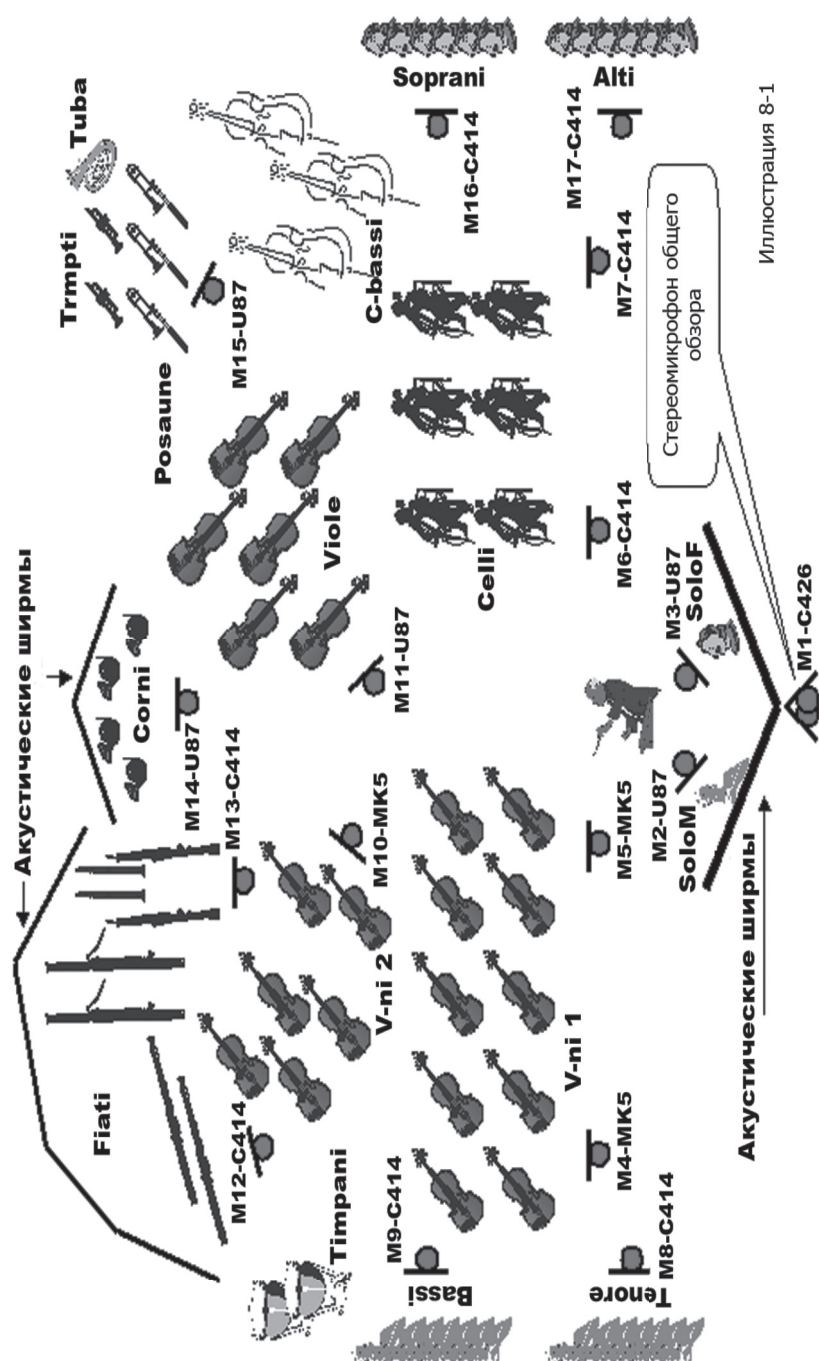


Иллюстрация 8-1

в зависимости от фонографической динамики. Заметим только, что если звуковая картина не требует частых структурных изменений, вариаций общей акустики, множества изменяющихся способов дополнительной электроакустической обработки, то коммутационная схема — стационарна, следовательно, процесс перезаписи после фонографической настройки может быть непрерывным. В противном случае потребуются фрагментарная работа, с проходящим параллельно, или последующим, звукомонтажом.

Настройка звукоорежиссёрского пульта на стадии перезаписи, как правило, двухэтапная. Сообразно замыслу, для каждого голоса или группы голосов уточняются колористические качества, и строятся фонографические мизансцены. Далее, исходя из соображений музыкальной динамики, для начального эпизода произведения устанавливаются нужные громкостные соотношения. Полученный баланс является динамической субстанцией для коррекции уровней звучания тех или иных голосов в последующих эпизодах. Современные звукоорежиссёрские пульта, и не только программно-компьютерные, оснащены запоминающими устройствами, способными фиксировать, а затем воспроизводить при перезаписи любые динамические поправки.

Надо заметить, что громкостной и пространственным балансы при простом совмещении (суммировании) стереофонической записи в моновариант из-за конечной амплитудно-фазовой некоррелированности сигналов левого и правого каналов заметно изменяются. Виртуальные источники звука центральной стереофонической области становятся громче, реверберация снижается, соответственно, падают размеры воспринимаемого акустического пространства, уменьшается звуковая перспектива. Поэтому для монофонических записей следует выполнять отдельную перезапись многоканальных фонограмм с мониторингом, приближённым к условиям итогового прослушивания, например, через телевизионный приёмник.

Запись произведений музыкальной классики и большинства современных сочинений для традиционных оркестров, хоров или инструментальных ансамблей проводится с использованием единовременной стереоканальной технологии с последующим монтажом, выполняемым сегодня на компьютерных звуковых станциях. Режиссёрская организация таких работ, помимо вопросов выбора тонателе, расположения в нём артистов и определения микрофонных позиций, содержит также тщательно эксплицированный план

записи с учётом возможностей исполнителей и возможностей звукомонтажа.

Детали последнего подробно описаны в главе «РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОНОГРАММ». Забегая вперёд, скажем, что из предлагаемых там способов монтажа вытекают три способа организации записи:

1. Запись нескольких полных исполнительских или режиссёрских вариантов для последующего отбора наиболее удачных в техническом и художественном отношении фрагментов. Используется также метод выполнения частичных «дописок».
2. Безостановочная запись всего произведения или его части, когда артисты, совершив досадную ошибку, сразу же, с некоторым «захлестом», повторяют неудавшийся фрагмент. При монтаже лишние куски удаляются, а поскольку такой способ работы позволяет исполнителям сохранять состояние, динамику и темп, это обеспечивает высокое качество монтажных соединений.
3. Исключительно фрагментарная запись. Она особенно целесообразна, когда большой исполнительский коллектив (например, оркестр или хор) в условиях студии испытывает ансамблевые затруднения. Чаще всего это наблюдается при темпоритмических изменениях, которым предшествуют генеральные паузы. Желая сохранять единство акустического времени, дирижёр не прерывает звучания, а короткий ауфтакт при непривычном расположении артистов не всегда гарантирует совместные вступления музыкантов в новый эпизод.

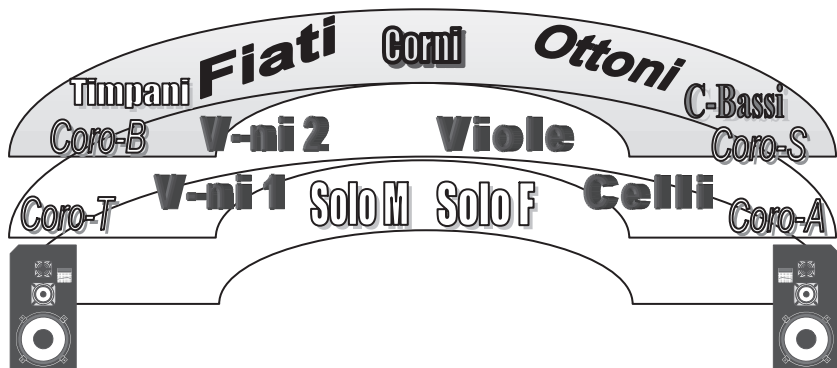


Иллюстрация 8-2. Виртуальная звуковая картина, соответствующая изображённому выше расположению оркестра, хора и солистов.

Но, поскольку техника современного звукомонтажа позволяет соединять два куска не «встык», а «наплывом», есть возможность образовать для исполнителей паузу любой продолжительности, чтобы дирижёр успел отмерить полный такт следующей музыкальной части. В монтажном ряду всё прозвучит без акустического разрыва, и искусственность приёма останется незаметной, если, конечно, вдохи исполнителей на духовых инструментах или хористов не будут заблаговременными и нарочитыми.

Разбивка музыкального произведения при записи на маленькие фрагменты оказывается удобной ещё и тем, что она снижает вероятность исполнительских ошибок в пределах каждого небольшого кусочка. Конечно, нельзя не учитывать мнения о неразрывности музыкальных ощущений, органичности смен темпов и состояний, но такое утверждение находится только на одной чаше весов, тогда как на другой — качество исполнения, а при публикации записи на компакт-диске любая погрешность рано или поздно, после многократных прослушиваний, увы, будет обнаружена.

Обсуждённый с дирижёром план записи также фиксируется в звуорежиссёрской экспликации, и может, к примеру, выглядеть так:

Silvio Baccarelli

**«MISSA JUBILAR»
(экспликация)**

1. Kyrie.

2 Flauti, 2 Oboe, Corne Ingles, 2 Clarinetti, 2 Fagotti, 2 Trmpti,
4 Corni, 3 Tromboni, Tuba, Timpani, Campana e bells, Triangulo,
Piatti, solo baritono, Coro, Archi.

Хор — в глубокой акустической атмосфере католического храма; сразу же задать пространственный ключ!

Возможные деления:

1. От начала до 28 такта при повторе включительно (захлёт).
2. От 25 такта при повторе (захлёт) до конца. **БЕЗ СОЛИСТА.**

2. Gloria.

2 Flauti, 2 Oboe, Corne Ingles, 2 Clarinetti, 2 Fagotti,
2 Trmpti, 4 Corni, 3 Tromboni, Tuba, Timpani, Campana e bells,
Triangulo, Piatti, solo f., solo m., Coro, Archi.

Солисты — крупные, может быть, даже вырванные из акустического контекста.

Возможные деления:

1. От начала до **С** (29 такт включительно). **ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПАУЗА.** (БЕЗ СОЛИСТОВ — отключить микрофоны 2 и 3!/).
2. От **С** (30 такт) до половины 45 такта (У) (БЕЗ СОЛИСТОВ). На 3-ю четверть флейтам, гобоям и первым скрипкам не вступать! **ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПАУЗА.**
3. От затакта 46 (флейты, гобои и первые скрипки) до 57 такта включительно. +Solo soprano, **ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПАУЗА.**
4. От 58 такта до **Е** (66 такт включительно). Clarinetti, Fagotti, solo alto, solo tenor (без хора). Возможны: **ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПАУЗА** перед 67 тактом, либо захлёт на **Е (Maestoso)**.
5. От **Е** (67 такт) до **Н** (89 такт включительно). +Solo alto, +solo baritono. **ГЕНЕРАЛЬНАЯ ПАУЗА.**
6. От **Н** (90 такт) до конца. +Solo soprano.

И т. д.

Иллюстрация 8-1 как раз соответствуют записи произведения этого бразильского автора.

Организаторский талант звукорежиссёра наглядно проявляется в его работе с артистами. Все коллеги справедливо говорят о создании в студии плодотворной рабочей атмосферы, и каждый решает этот вопрос по-своему. Но при всём разнообразии форм студийных отношений, в них есть объединяющее начало: музыканты должны чувствовать, что они и режиссёр делают общее дело. **Компетентный соратник, а не амбициозный мэтр — вот кто должен предстать перед исполнительским коллективом.**

Для артистов осведомлённость музыкального звукорежиссёра проявляется вовсе не в том, что он садится за рояль и показывает

записывающемуся пианисту, с какой аппликатурой нужно играть сложный пассаж, хотя иногда не вредно и это. Однако знание природы исполнительства на любом инструменте всегда делает режиссёра «своим», — в этом залог успешной записи. И вряд ли можно ожидать хорошего результата, когда из-за звукорежиссёрского пульта просят трубача играть потише *ре* третьей октавы, флейтиста — прибавить громкость в нижнем *до*, или скрипача — повибрировать на открытой струне *соль*.

Огромное количество дублей записи или безапелляционная просьба играть безукоризненно «от цезуры до цезуры» (дабы не было проблем при монтаже) настораживает артиста, особенно, если он записывается не впервые. Гораздо разумнее тратить меньше времени на запись, организуя её «монтажно», экономя время, силы и денежные средства, а усердствовать в собственно монтаже, сколь бы сложным он ни казался.

Гарантия успешного музицирования состоит в обеспечении максимального комфорта для исполнителей. Работа артистов в студии требует хороших зрительных и слуховых контактов. Так, наблюдается, что певец при записи методом наложения, если он находится в небольшом изолированном помещении, теряет способность контроля над собственной интонацией, независимо от громкости его голоса в головных телефонах. В этом случае звукорежиссёр может предоставить солисту мониторинг с добавлением искусственной реверберации. Иллюзия привычных акустических условий быстро снимает все неудобства.

Работая над фонографией, звукорежиссёр, в идеале, должен сам погрузиться в состояние, необходимое для *исполнения* записываемого произведения, как если бы он был в числе музицирующих. Только в этом случае возможно его активное соучастие, и только в этом случае гарантирован убедительный фонографический результат.

Нужно сказать о характере замечаний, которые мастер делает артистам. Они никогда не должны звучать, как вердикт, тем более в унижительной для музыкантов форме. Звукорежиссёр просто обращает внимание исполнителей на то, что смутило его слух. Конечно, сегодня встречаются ситуации, когда некоторые музыканты, оплачивая работу студии, считают себя безусловными хозяевами положения, по праву «творящими», как им угодно. Ну что ж, в конце концов, профессиональная совесть звукорежиссёра останется

чиста, а невнимательность артиста к сотруднику, его амбиции, эпатаж — не более, чем путь к деградации.

Ни в коем случае звукорежиссёр не должен подменять собою дирижёра. Сообща заранее решаются все вопросы, связанные с организацией исполнительского коллектива, но во время записи каждый выполняет свои функции и лишь совещательно, в рабочем порядке, обсуждаются встречающиеся конкретные проблемы.

Поэтому так важно предварительно изучать материал, который предстоит записывать. К сожалению, коммерческая специфика многих звукозаписывающих предприятий не всегда предоставляет звукорежиссёру такие возможности, но профессионалы по-прежнему настаивают на ознакомлении с музыкальным или драматургическим произведением ещё до работы в студии.

Известны случаи, когда увлекаемые материалом звукорежиссёры к началу записи знали чуть ли не наизусть партитуры музыкальных сочинений крупных форм, более того, ощущали их как бы *своими собственными*, что не вызывало ревности у композиторов и драматургов, понимающих, насколько для результата студийной работы погружение в их произведение важнее, чем якобы узурпирование авторства.

В противном случае звукорежиссёр «плывёт по воле волн», не вполне представляя, к какой цели, руководствуясь лишь мифическими стереотипами. В лучшем случае, он закрывает глаза на уважение к профессиональной деятельности, или испытывает непонятный восторг от лукавого приобщения к чужому, но столь малому занятию.

Глава 9.

ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ СТИЛИСТИКА

Как мы уже знаем, художественная фонография не только воспроизводит звучание музыкальных голосов, шумов и речи, она имеет возможность придать *звукозрительную* форму чувству или мысли, которая владеет автором записи. Созданная картина, искусственное акустическое полотно, вольно или невольно, отвечает внутреннему миру звукового художника. Фонографические образы, воздействуя психоакустическим путём на сознание слушателей, рождают в их восприятии новые ощущения, даже если фонограммой представлено давно и хорошо знакомое музыкальное или драматическое произведение.

При записи звуков и их фонографической организации режиссёры стремятся не столько к внешнему сходству в звучаниях объекта и фонограммы, сколько к сходству *впечатлений*, тем более, что равенство звуковых качеств в естественных условиях и в фонографической передаче, как уже не раз говорилось, недостижимо. Сказанное с равным успехом можно отнести к любому виду искусства. Арнольд Шёнберг (1874–1951) заметил, что «...когда художник хочет рисовать историческую картину, — он не обязан соперничать с профессором истории. Ибо главное — то, что должно дать произведение искусства, а не то, что составляет к нему внешний повод. И при всех композициях на текст точность передачи его образов для художественного достоинства так же незначительна, как для портрета сходство с оригиналом, где по прошествии ста лет никто не сможет проверить этого сходства, в то время как действие искусства останется. И останется не потому, что мы видим изображение настоящего человека, а потому, что к нам обращается художник, который здесь выразил себя, — именно тот, на кого в высшей действительности и похож портрет».

Если взглянуть на огромный акустический мир и связанную с ним культуру слуховых впечатлений, то станет ясно, что существуют закономерности, следуя которым можно воссоздать многие человеческие чувства. К тому же сама природа изобилует

ет звуковыми картинами, возбуждающими зрение и связанные с ним характер и степень восприятия, что лишний раз доказывает правомерность звукопространственного рисования, изобразительной динамики в звуковых картинах, различного рода перемещений и трансформаций виртуальных источников звука.

Есть звучания возвышенные и пошлые, умиротворённые и экспрессивные. Длительные отзвуки в огромном натуральном или фонографическом иллюзорном пространстве способны создать ощущение вечности; акустическая «сухость» ограничивает звуковую картину не только в изображаемых размерах, но и во времени.

Мир и безмятежность исключают резкие перемещения виртуальных звуковых объектов, тогда как «скачки» вдоль стереофонической базы могут быть образом беспокойства, смятения, раздражённости.

Язык фонографии, как язык любого искусства, не есть средство изобразить уже знакомые, познанные вещи и ситуации, а, скорее, открыть ещё неизвестные. При этом не следует смущаться наличием множества чисто технических средств фонографической реализации замысла, нужно принимать как художественное благо всевозможные способы *электроакустического конструирования*.

Немецкий философ Фридрих Шлейермахер (1768–1834), предлагая не разделять науки на естественные и гуманитарные, вследствие целостности познающего их разума, говорил о специальном способе построения системы знания: понимании. Он писал: «Всё понятно, где не бросается в глаза **никакой нонсенс**; ничего не понятно, если не **сконструировано**».

Однако не следует действовать, поддаваясь лишь рассуждениям и сдерживая эмоциональные порывы. Даже на первых порах звукорежиссёрской практики, пока ещё существует инерция безоговорочного подчинения науке и строго аналитический ум, нельзя избегать какой бы то ни было фантазии в фонографии, тем более, что институт этой фантазии как раз и создаёт основу комплекса, который впоследствии даст право быть в ряду акустических художников, именуемых **звукорежиссёрами**.

Понимание нашего языка предполагает не только слушательское уважение и внимание к фонографии, но и особую психоакустическую восприимчивость — творческий процесс вживания в интимный мир другого Я посредством **слухозрения**. Это требует не только наличия определённых слуховых способностей и культуры

слухового восприятия. Необходимо желание познать больше слышимого, — только тогда фонография становится в ряду других искусств ещё одним способом сделать неповторимое бытие человека доступным другим людям через переживание, в процессе, как говорил Кант, «...бесконечной игры рассудка и воображения множеством понятий и представлений».

§ 9-1. Основные виды фонографической стилистики

Фонографические образы, как и художественные образы в любом другом искусстве, редко носят безусловный конкретный характер; правильности прочтения фонографии способствует тематика звукового материала, жанр, контекст. И, наверное, не следует говорить о полном и адекватном понимании звукорежиссёрского произведения, ибо исчерпывающее познание фонографии доступно, пожалуй, лишь тому, кто сам её создаёт.

Но, независимо от сути и качества различных звучаний, в том числе и музыкальных, существуют определённые приёмы их электроакустического использования, позволяющие судить о стилистической принадлежности той или иной звукозаписи.

По тому, как эти приёмы складываются в **систему** режиссёрского звукоизложения, можно упрощённо, схематически, определять следующие основные (хотя, отнюдь не исключительные) стилистические виды:

1. Электроакустическое подобие.

2. Фонографический импрессионизм.

Электроакустическое подобие (или «реалистическая» фонография) не обязательно означает электроакустическое протоколирование музыкального или драматического действия, хотя истоки такого стиля на самом деле стремились именно к этой цели. На заре звукопередачи, как уже говорилось раньше, речь шла об иллюзорном воспроизведении того, что происходило в концертном, театральном зале или в студии. Ведь тогда уровень технической оснащённости даже не намекал на возможность существования фонографического искусства, где электроакустика была бы средством рисования. Но и «копирование первичного звукового поля» в те годы не слишком удавалось. Скорее срабатывала суггестивность (от лат. *suggestio* — внушение, намёк) самой звукопередачи,

один лишь факт новизны которой активизировал слушательское восприятие, включая разного рода ассоциативные механизмы, заставляя поверить в правдивость «перенесённой акустики».

Сегодня реалистическая фонография, пожалуй, вовсе не стремится к абсолютно достоверному электроакустическому изображению звучащих объектов, да и вряд ли это вообще возможно, по меньшей мере, при ограниченном числе каналов звукопередачи (включая и количество источников воспроизведения). Но, даже не вдаваясь в технические и психоакустические тонкости вопроса, заметим, что такого рода протокол, будь он взят звукорежиссёрами на вооружение, сузил бы их возможности рисовать звуком по-своему, отражая в фонографии свои ощущения и переживания, одухотворяя, таким образом, плоды своих деяний.

Говоря об электроакустическом подобии, нужно иметь в виду, что звуковые объекты изображаются не обязательно такими, какими они **должны быть**, а такими, какими они **могут быть**. Сказанное, естественно, предполагает обилие вариантов в оттенках звукоизложений разных режиссёров.

Некорректно говорить о том, как должны звучать в записи рояль, скрипка, хор, оркестр. Даже у одного и того же мастера можно найти огромное количество разнящихся фонографий перечисленных объектов, и чем больше он работает, тем чаще проявляются его желания открыть новые фонографические качества, сохраняя при этом акустическую правду, которая всегда убеждает слушателя в справедливости поисков и находок звукорежиссёра. Особенно, если музыкальный или драматургический материал не только позволяет, а даже диктует отступление от стереотипов звучания.

Основным признаком фонографического подобия является такая совокупная передача звукового изображения (сегодня, разумеется, объёмно-пространственного), тембральных и громкостных соотношений, когда она не противоречит естественным слушательским ожиданиям. Конечно, при этом хочется надеяться на богатое воображение нашей аудитории и отсутствие какой бы то ни было амбициозности слушателей, когда, к примеру, признаётся только «крупноплановый» солист перед удалённым роялем или академическая оркестровая картина, где «скрипки — слева, а виолончели — справа».

Звукорежиссёрский стиль, при котором фонографическая композиция воспринималась как действительное подобие звуковых

объектов реального акустического поля, традиционно использовался для записи классических произведений, поскольку в этих случаях его обоснованность была совершенно очевидной. Но если согласиться со сказанным выше, то становится ясно, что «реалистическая» фонография вполне сочетается с любым материалом, любыми жанрами до тех пор, пока звукорежиссёрское изображение в своей художественности не перешагнёт ту эстетическую грань, за которой начинается **фонографический импрессионизм**.

Этот стиль представляет собой такую фонографическую лепку, которая не имеет аналогов среди естественных звучаний, что выражается и в тембральных качествах фонографических виртуальных объектов, и в их пространственных композициях. Не будучи привязанным к каким-либо канонам, фонографический импрессионизм, точнее сказать: экспрессионизм, допускает большую раскрепощённость в отношении любых свойств звукоизображения и всяческой их динамичности.

Является ли это, в таком случае, фонографической «неправдой»? Пожалуй, нет, ибо в искусстве свободное обращение с материалом вовсе не означает недостоверность.

«Импрессионизм есть принцип мировосприятия — “здесь и сейчас” — фиксация мига» (Пётр Вайль). Для фонографического импрессионизма важна в первую очередь тонкая добавка настроений, значительно обогащающих впечатление от звукового материала в чистом виде, то есть пока ещё не опосредованного электроакустическим трактом. И в угоду этой цели возможны **образные, драматургически оправданные** аномалии, тембральные преувеличения, композиционная неуравновешенность, движения, кажущиеся на первый взгляд случайными, звукоизобразительная фрагментарность.

Долгое время импрессионистская стилистика в фонографии из-за примитивности электроакустических средств и их однообразия отдавала некоторой экстравагантностью, и потому применялась исключительно в записях эстрадной музыки, программ для детей, мюзиклов, драматических спектаклей. Реже её употребляли для джазовой и рок-музыки. А приверженцы строгих взглядов на звукоизложение, так щедро радовавшиеся использованию «реалистической» фонографии для любых музыкальных жанров, категорически возражали против сочетаний с фонографическим импрессионизмом каких бы то ни было академических музыкальных произведений.

Ими порицались всякие отклонения в звуковых изображениях от того, что должно было (?) соответствовать филармонической натуре. Поэтому записи классических жанров в **фонографическом смысле** выглядели бесчисленными близнецами, и лишь небольшая разница в электроакустической и фонограммной технике сообщала им сомнительную индивидуальность.

Такая ситуация наблюдалась почти до 70-х годов, пока не начался ощутимый рост в развитии средств приёма и обработки акустических сигналов. Соответствующая эволюция коснулась и фонографической эстетики: звукорежиссёры-импрессионисты начали демонстрировать убедительную мощь, и в то же время деликатность своего стиля, способного воистину к тонким привнесениям, отнюдь не мешающим восприятию академического музыкального искусства, а наоборот, делающим фонографию средством выразительного усиления и яркого индивидуализирования.

Одним из первых российских мастеров этого направления явился Виктор Борисович Бабушкин. Опытный звукорежиссёр кино, он и в работах для грамзаписи, авторских фонографиях, создавал впечатляющие зрелища (вспомним «Бременских музыкантов» на грампластинке). Утверждение импрессионистского стиля мы видим в работах Ю. И. Богданова «Звезда и смерть Хоакина Мурьеты» и «Юнона и Авось».

Не следует думать, что стилистические виды в фонографии строго ограничиваются двумя указанными. Наверное, можно говорить и о каких-то промежуточных направлениях, когда, несмотря на академический материал, звукорежиссёры проявляют романтические стремления к стилевой свободе, рождающие те или иные фонографические откровения. А разве нельзя назвать «фонографическим барокко» стили, изобилующие гипертрофированными контрастами, как тембрального, так и пространственного свойства, аффектациями, соседством натуральности и инфернальности? Есть и примеры определённого эклектизма. Но если он обоснован драматургически необходимым сочетанием в материале разных жанровых элементов, авторских приёмов и стилей, то фонография вполне может использовать смешанную стилистику, и не только как произвольное, механическое соединение противоположных принципов, а как способ изменения характера слушательского восприятия, способ расстановки нужных акцентов, способ построения фонографических композиций крупных форм. Ярким примером

звукоизобразительной эклектики является замечательная фонография рок-оперы Эндрю Л. Вебера «*Jesus Christ — superstar*», где драматургическое взаимодействие симфонического оркестра, рок-группы, хора и солистов вполне оправдывает сосуществование реалистического и импрессионистского фонографических стилей, причём не только чередующихся, но и представленных часто одновременно, что усиливает авторскую мысль о непреходящих христианских коллизиях.

Однако следует опасаться той эклектики, которая представляет собой необдуманную мешанину из разных стилистических видов. **Фонографический стиль в большой степени является ключом к восприятию художественной звукописи**, подобно ключу в начале нотного стана, указывающему, как следует читать музыкальный текст.

§ 9-2. Пространственно-акустические аспекты фонографической стилистики

Встречаются две категории пространственных фонографических изображений. Первая использует естественные поля звуковых объектов, передавая их одним или несколькими микрофонами. Вторая характеризуется применением искусственных пространств, полученных с помощью электроакустических формирователей, если тонателье не обеспечивает необходимых диффузных качеств, или режиссёрский замысел требует определённой акустической специфики.

В предыдущих главах об этом сказано соответствующим образом. Дополнения и уточнения здесь будут касаться преимущественно восприятия звуковых картин.

В плоском изображении азимутально-широтные признаки виртуального источника звука формально не свидетельствуют об импрессионистской стилистике картины до тех пор, пока какие-то фрагменты большого звучащего объекта не оказываются пространственно разорванными, автономными. Сказанное легко поясняется на примере фонографии фортепиано.

На иллюстрации 9-1 видно, что звуки верхних регистров фортепиано локализируются в звуковой картине, преимущественно, слева, а звуки нижних регистров — справа. Однако, вполне возможен иной «слуховой взгляд» на рояль (см. иллюстрацию 9-2).

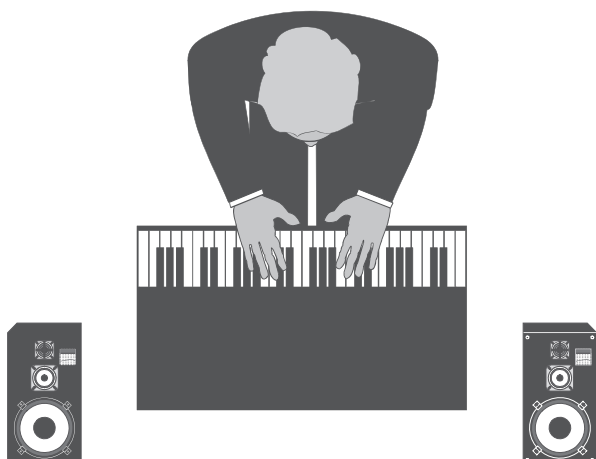


Иллюстрация 9-1

При таком изложении (микрофоны находятся за спиной пианиста) регистровые азимуты меняются на противоположные.

Оба примера могут вполне относиться к «реалистическим» стилям, конечно, если этому не противоречат другие фонографические признаки.

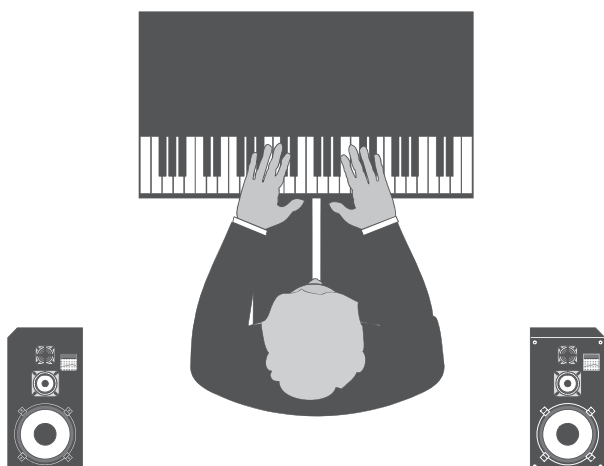


Иллюстрация 9-2

Но если при специфической записи фортепиано применить, к примеру, два монофонических микрофона, один из которых расположен в непосредственной близости у струн 4 и 5 октав, а другой — у струн контроктавы и субконтроктавы, (может быть, в «хвосте» рояля,) и при этом в цепь одного из микрофонов ввести задержку не менее 7–15 мсек., то полученные таким образом два точечных звуковых изображения, локализованные в краях фонографической плоскости (иллюстрация 9-3), вызовут у слушателя экзотические впечатления, *impressions*, которым вряд ли найдутся подобия в реальной музыкальной жизни. Эстетические впечатления от такой фонографии — огромны, и управлять ими помогает лишь контекст: здесь может быть и образ «раздвоения личности», и «душа нараспашку», и внутренний диалог, и катастрофа.

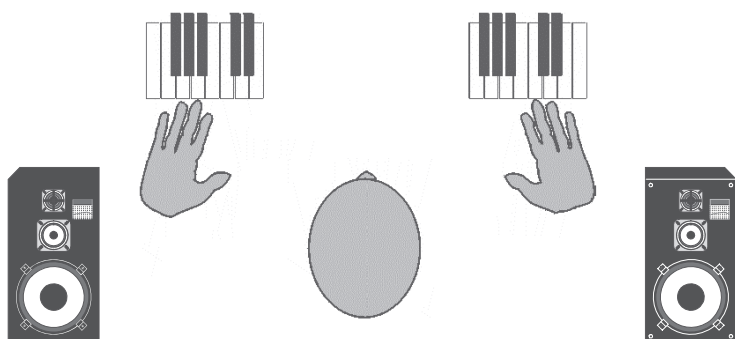


Иллюстрация 9-3

Интересно, что подобный по своей сути фонографический приём употребил звукорежиссёр Симон Родес, приглашённый фирмой EMI Records для записи флейтиста Эммануила Пайю в дуэте с пианистом Эриком Лесажем. Чрезвычайно широко изложенный рояль, хоть и не на переднем плане, но с совершенно очевидными и разделёнными звуковыми направлениями на нижние и верхние регистры и локализованная в центре флейта, то поглощённая роялем в близком *piano*, то ускользающая в воздушной дымке на ярких высоких пассажах.

И эта импрессионистская фонография основана отнюдь не на музыке популярных эстрадных жанров. В программе — произведения Ф. Пуленка, Дж. Ибера, О. Мессиана и др.

Характерно, что в приведенном, отнюдь не единственном, примере звуковое изображение не является плоским. Плоская фонография, представляющая собой псевдостереофоническое распределение виртуальных источников звука вдоль линии, соединяющей два громкоговорителя, всегда несёт в себе что-то ущербное. И дело не только в том, что нагромождение звуковых квазиобъектов на переднем плане резко ограничивает ёмкость картины и снижает её прозрачность (см. главу «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**»). Лишенные, во имя крупных планов, какой бы то ни было диффузной акустической окраски, эти безжизненные фонографические голоса в своём качестве чрезвычайно зависимы от индивидуальных параметров звуковоспроизводящих устройств.

Всё, что записывается в крупном, тем более, сверхкрупном плане, требует серьёзных обоснований, и не только драматургического, но и психоакустического характера, по меньшей мере, из-за двух причин:

а) мы в естественных условиях крайне редко слушаем музыкальные инструменты, находясь в непосредственной близости от них, какая бы музыка ни исполнялась;

б) суммарный энергетический спектр основных тонов и гармоник любого источника звука всегда существует как акустический монолит лишь на некотором удалении от него.

Однако в сказанном не следует усматривать категорический запрет на использование плоского звукового изображения. Именно такая, например, фонография сцены первосвященников в уже упоминавшейся записи рок-оперы Эндрю Л. Вебера «*Jesus Christ — superstar*», когда тесное пространство работает на образ заговора, и лишний раз подчёркивает духовную ограниченность персонажей.

Но выразительность сцены значительно усиливается, как только в фонографии возникает параллельный дальний план — народ, восклицающий за окнами в хоровом пении: «*Jesus Christ, superstar!*»

Изображение фонографического пространства, несомненно, являет собой индивидуальный творческий акт. Опыт, вкус и мировоззрение звукорежиссёра — только они в совокупности продиктуют художнику, как должна «выглядеть» акустическая сцена, на которой разворачивается звуковое действо. Но в этом вопросе существует, пожалуй, одно правило, базирующееся на психологии слушательского восприятия, поэтому пренебрегать им не стоит.

Ощущение достоверности звукового пространства в фонографии, сколь бы фантазмагорической она ни была, возникнет лишь тогда, когда слушателю будут предъявлены координаты этого пространства — как плоские, так и объёмные. В двухканальной стереофонии для этой цели могут быть использованы крайние передние зоны локализации источников звука, вплоть до уже не виртуальных, а реальных, то есть громкоговорителей, а также глубинная область звуковой картины, самый дальний план, будь его объект точечным, или широким, подобным сценическому заднику театральной декорации. Тогда для любого фонографического «персонажа» слушатель без труда сможет идентифицировать его акустическую мизансцену. Да и самому режиссёру при наличии такой координации проще вести звукоизобразительную лепку, заполняя полученное, теперь вполне определённое, пространство различными виртуальными источниками, чьи электроакустические качества соотносятся уже с качествами звуков, использованных для указанного «обрамления».

Само собой разумеется, что при создании звуковой картины на основе популярных музыкальных жанров или рок-музыки, когда применяется многодорожечная технология записи, в процессе сведения несложно сконструировать подобное фонографическое пространство. Важно только оптимально и без противоречия музыкальным задачам подобрать партитурные компоненты для столь утилитарного, казалось бы, использования. Так, например, координация переднего плана возможна с помощью широкоспектральных звучаний некоторых ударных инструментов, фактурной фортепианной партии, чего-либо из ярких по тембру электронных голосов, если, конечно, последние, с точки зрения музыкальной композиции могут находиться на первом плане. Иногда для этой цели применяют звук бас-гитары.

В качестве объектов заднего плана могут употребляться педализирующие функциональные голоса, видовые ударные, какие-нибудь фактурные партии, всё то, что с точки зрения музыкальной композиции является второстепенным. Однако, при выборе материала для «фонографического задника», поскольку должна имитироваться удалённость, следует учитывать влияние большой диффундирующей обработки (в частности, реверберирования) этих звуков, а также известной коррекции их спектра в высокочастотной зоне.

Хочется обратить внимание на то, что глубинные построения, сделанные с учётом тонких свойств слухового восприятия и спектральных качеств источника, могут использовать удалённые акустические мизансцены для изложения солирующих голосов, вопреки существующим представлениям о солисте на переднем плане и аккомпанементе, «изображённом» за ним. У многих слушателей при восприятии музыки мелодическая линия и без того значительно «отрывается» не только от общей фактуры, но даже от вертикально связанного гармонического сопровождения, поэтому звукорежиссёр вряд ли должен акцентировать, «выпячивать» мелодическое «*solo*» только потому, что это — традиционно главная звуковая компонента.

В фонографии очень выразительны композиции, где есть возможность рассматривать другие категории — субъект и объект, в их взаимодействии. Многие музыкальные голоса при удалении их в звуковой картине ничуть не теряют в своём императиве, но, несомненно, приобретают колористически.

Ленинградский дирижёр Игорь Петренко обратил внимание на то, что в хороших записях «никто не торчит» (то есть, не выделяется в звучании по громкости или оторвано крупному плану). По его мнению, большое удовольствие можно получить, вслушиваясь в фонографическую ткань, и всякий раз обнаруживая для себя новые элементы звуковой композиции в её равновесном режиссёрском изложении.

Можно дать много примеров фонографий эстрадной музыки, хорошо иллюстрирующих сказанное. Убедительным образцом является фонография Артуро Сандовалья на компакт-диске «**DANCE ON**», произведённая в Нью-Йоркской студии GRP. В этой записи звуковое изображение как художественный пласт работает, пожалуй, никак не меньше, чем разнообразная и насыщенная инструментальная партитура. Чередование латиноамериканских ударных инструментов, изложенных на переднем плане, и педалей синтезированных струнных, обрамляющих далёкие области огромного пространства, дают звукорежиссёру большой выбор для фонографических мизансцен, где действуют оркестровые группы, солисты-инструменталисты и вокалисты. Глубокая звуковая перспектива рождает постоянное ощущение свободы и полёта, блестяще поддерживая джазовые импровизации.

В целях глубинного фонографического построения произвольных картин на стадии перезаписи (сведения многодорожечных фонограмм) почти исключительно используются физические или программные устройства, создающие искусственную диффузную окраску звука, то есть ревербераторы или устройства множественных задержек. Здесь одним из основных варьируемых параметров является *room size*, поскольку именно эта величина определяет воспринимаемые слушателем размеры виртуального акустического пространства. При этом время реверберации и его частотная характеристика могут всецело подчиняться музыкальным соображениям.

Возникает справедливый вопрос: а как же поступать в случае одновременной записи музыкального материала в едином тональном поле, если последующее использование искусственной звуковой диффузии не предполагается?

Что касается объектов переднего плана, то они не вызывают очевидных проблем, если продуманы и решены все задачи расположения исполнителей и микрофонных позиций ради оптимальной передачи акустического спектра и виртуальной ширины выбранных для этой цели источников звука.

А для координации заднего плана можно обратиться к идее дальнего микрофона. Но если в главе **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»** применение такового не одобрялось из-за противоречий между естественным и фонографическим восприятиями, (а речь тогда шла о максимально подобной, «реалистической» звукопередаче, пусть и без употребления настоящей терминологии), то здесь сигнал дальнего микрофона может оказаться вполне целесообразным.

Расстояние между микрофонами переднего плана (или общим обзорным) и дальним микрофоном в этом случае нужно увеличить настолько, чтобы возникла *некоррелированность* ближних и дальних сигналов из-за большого временного сдвига между ними. Согласно исследованиям Г. Хааса, речь идёт о задержке, не меньшей, чем 30–50 мсек., что соответствует расстоянию в 10–17 метров. И тут, как говорят философы, количество переходит в качество. Фонографическое изображение, получаемое от дальнего микрофона превращается в самостоятельный рисунок не только общего объёма тонального поля, но и наиболее удалённой его плоскости, условно говоря, задней стены, на фоне которой строится вся зву-

ковая картина, с её виртуальными звуковыми элементами средних и ближних планов.

И достоверность в эстетическом восприятии дезавуирует психоакустическую неестественность; картина по своей стилистике остаётся в рамках фонографического подобия.

Описанный стилистический принцип характерен для многих работ Санкт-Петербургского звукорежиссёра Герхарда Цеса. Особенно ярко он выражен в его фонографии сочинения № 41 П. И. Чайковского «Литургия св. Иоанна Златоуста».

Разумеется, временной сдвиг между микрофонными сигналами необходимо поверять ощущениями музыкального характера, не допуская чрезмерной замутнённости звучания, помня, что наш слух начинает оценивать реверберацию как побочный акустический продукт, в первую очередь, при увеличении её временного отрыва от прямых звуков.

Размещение в фонографической картине объектов переднего плана выполняется путём их громкостного дозирования в общеакустическое изображение, но звуковое качество сигналов ближних микрофонов должно соответствовать задуманной плановости по всем признакам, что определяет как микрофонные дистанции в ближних зонах, так и необходимые электрические коррекции. При этом наибольшую опасность таит в себе подмешивание к сигналам дальнего микрофона сигналов слишком близкого приёма, где отчётливо прослушиваются все механизмы звукоизвлечения, в то время как задуманный план может не являться сверхкрупным.

При использовании же искусственной реверберации в художественных целях не следует забывать, что одно дело — удалённость акустического объекта в конкретном помещении, для чего можно даже не употреблять сигналы реверберации во всей её полноте, а достаточно лишь диффузной окраски за счёт ранних отражений, представляющих акустический паспорт закрытого пространства. Другой случай — удалённость «вместе с помещением»; и здесь уже без передачи полного процесса реверберации не обойтись. Надо заметить, что сигналы ранних отражений в данном случае менее актуальны, ибо удалённое целое пространство (например, слышимый с улицы через открытые окна концертный зал) с акустической точки зрения скорее характеризуется длительными затухающими послезвучаниями, нежели подробной (особенно в геометрическом смысле) структурой ранних отражений.

Характерно, что некоторые слушатели принимают глубинное, многоплановое звукоизложение, при хорошем ощущении акустической обстановки, как данность, относящуюся только к так называемым «живым» записям так называемой «серьёзной» музыки, записям по трансляции из концертного зала. Подобная же фонография, созданная в условиях стационарной студии, вызывает у них категорическое возражение, как будто фонографическая стилистика обязана основываться на организационных принципах: при работе в студийном тонателе все звуковые планы, по их мнению, должны быть крупными, а реверберирование музыкальных голосов — делаться по вкусовому выбору, и многоплановость, которая всё равно здесь спонтанно получается, может, в лучшем случае, замечаться ими, как дефект.

Этого, впрочем, не произойдёт, если стилистические приёмы в звукорежиссуре максимально точно будут соответствовать характеру материала. Критерием оценки этого соответствия является то, что фонография не воспринимается как нечто отдельное, а входит в звуковое произведение равноправной изобразительной частью. Кроме того, постоянно прогрессирующая культура восприятия звуковых картин всё больше и больше исключает недоразумения, возникающие между звукорежиссёром, автором, артистами и слушателями.

Если наличие общеакустических диффузных звуков позволяет говорить о *многоплановой* фонографии, имеющей аналогии в реальных акустических полях, то импрессионистская звукопись часто пользуется таким выразительным средством, как *многопространственность*. В былые годы эта особенность звуковых изображений резко порицалась приверженцами академических взглядов на звукопередачу. Но освоение фонографической драматургии постепенно убедило и критиков и слушателей в справедливости такого подхода к изложению разных звуковых объектов, когда их персонификация требовала определённой разобщённости либо в пространстве, либо во времени.

Много примеров такого фонографического построения можно найти в работах английского звукорежиссёра Алана Парсонса, особенно в его циклических записях знаменитой группы «*Pink Floyd*».

Фонографии крупных форм — записи опер, мюзиклов, драматических спектаклей, — вряд ли вообще могут обойтись статич-

ным звукоизложением в единых акустических условиях, подобно их звучанию в театральном или концертном исполнении.

Необходимо понимать, что речь здесь идёт не только о смене акустической обстановки при переходе от сцены к сцене, что было бы вполне естественно, а о возможном единовременном совмещении акустических атмосфер с характерными индивидуальными признаками.

Проиллюстрирую сказанное двумя примерами из фонографии оперы-фарс «Смерть Тарелкина» (композитор А. Колкер, либретто В. Вербина по пьесе А. Сухово-Кобылина, Ленинградская студия грамзаписи, 1988 г.)

Тихий бред арестованного Тарелкина, переданный композиционно на крупном центральном плане, периодически перебивается его же истошными криками: «*Пить!!!*», внезапно раздающимися слева с утрированной специфической реверберационной окраской, изображающей пустой и безучастный тюремный коридор. В той же сцене фрагментарные наслоения реминисценций Марфуши, чиновников и Варравина, акустически индивидуальные, усиливают впечатления от бредового состояния нашего героя.

В очень коротком фрагменте финала 2 акта (12 тактов музыкального текста) дважды трансформируется акустическое пространство, разрастаясь от диалога в тесном жилище Тарелкина—Копылова до обстановки зала департамента, и далее — до грандиозных масштабов «необъятной Родины». Его Превосходительство генерал Варравин, во спасение собственной карьеры, напутствует квартального надзирателя Расплюева на борьбу с «внутренним врагом»:

***На битву святую
Крещу тебя, Расплюев!
Бей упырей,
Державу выручай!***

Генерал внезапно оказывается в зале департамента, адресуя свой призыв всему собранию подчинённых (это ясно из предыдущих сцен):

Бей упырей!!

На что с неподражаемым энтузиазмом откликается в огромном акустическом пространстве многоголосый хор:

Спасай Россию!!!

Можно привести пример соединения различных пространств как способа ретроспекции (при соответствующем контексте).

Тюремная камера, где томится перед казнью Риварес (А. Колкер, рок-мюзикл «Овод», Ленинградская студия грамзаписи, 1984 г.), изображена «прижатой» к краю стереобазы. Специфическая акустическая обстановка (маленькое гулкое помещение), лязг цепей, — в контексте эпизода образуют конкретную звуковую мизансцену. «Снаружи», из-за стенки, в акустическом объеме замкнутого двора слышна барабанная дробь — предвестник расстрела. Монолог Ривареса перемежается его воспоминаниями — восторженными беседами с Джеммой в юности, и его исповедями епископу Карди.

В свое время каждая из этих сцен-«вставок» имела свои акустические оформления, яркие запоминающиеся атрибуты которых подтверждают у слушателя впечатления воспоминаний, а не просто словесной мешанины, как в бреду.

Этот пример показывает, что художественной фонографии вполне подвластны взаимообращения таких философских категорий, как пространство и время.

Но не только крупные драматические произведения могут диктовать необходимость одновременного использования пространственных множеств. Слушая в православных храмах культовое ансамблевое пение, сочетающееся с евангелическими чтениями, можно обратить внимание на то, что возгласы дьякона иной раз звучат из другой атмосферы, (территориально — из заалтарного пространства), тогда как певчие находятся где-то рядом. Или наоборот. Подобный акустический эффект использовал петербургский звукорежиссёр Герхард Цес в упомянутой фонографии «Литургии св. Иоанна Златоуста».

Фонографическая стилистика проявляется также в предпочтениях, которые тот или иной звукорежиссёр отдаёт стереофоническим микрофонам или паре (группе) разнесённых монофонических при передаче протяжённого единого звукового объекта. Электроакустические аспекты этого вопроса рассматривались в главе **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»**. Здесь можно добавить, что слитное звуковое изображение, которое обеспечивает стереофонический микрофон, скорее является признаком реалистической стилистики, нежели точечная структура от сигналов мономикро-

фонов, хотя часто встречается комбинирование обоих способов передачи, независимо от стилистической принадлежности картины.

Для большей графической чёткости звукового рисунка применяют (дополнительно) два или несколько монофонических микрофонов, сигналы которых дозируются в едва заметных количествах, и локализуются в соответствующих зонах общего изображения. Дело в том, что при максимальном электроакустическом подобию слитного пространственного изображения, к примеру, рояля, вокального или инструментального ансамбля, хора или оркестра, их звуковой рисунок может оказаться недостаточно конкретным, как по ширине виртуальной картины, так и в её деталях. Причины такой «размазанности» кроются не только в фазовых несогласованностях стереосигналов (акустических или электрических), но чаще всего в увеличенной диффузной окраске звука, что связано с относительно большим расстоянием от микрофона до источника, в целях полного охвата последнего. Поэтому варианты микрофонного приёма часто комбинируются, и монофонические микрофоны в той или иной степени дополняют работу стереофонических для придания рисунку большей чёткости, детализированности, для краевого обрамления.

При передаче любых звуковых объектов, одиночных или множественных, общим планом, можно заметить, что использование далеко установленного остронаправленного микрофона (стереофонической пары) вносит в фонографию оттенок документальности, подобно длиннофокусному объективу в фотографии или кино, как бы скрывающему присутствие съёмочной камеры.

Вообще говоря, этот дальний микрофон может быть любым — острота направленности в данном аспекте не имеет большого значения, и выбирается лишь из соображений оптимального акустического отношения.

Несмотря на очевидные преимущества стереомикрофонной техники, сегодня сплошь и рядом встречаются примеры фонографий, выполненных полностью в псевдостереофоническом ключе. И не всегда оттого, что драматургия требует разрозненности фонографических персонажей или намеренных изломов, разрывов в том, что могло бы быть единым существом. Распространённость этого стиля, связанная просто-напросто с отсутствием стереофонических микрофонов на множестве звукозаписывающих студий, вершит досадный диктат, возводя такой звуковой рисунок в ранг

исключительности. И панацеей здесь может явиться, пожалуй, сознание того, что псевдостереофония в чистом виде лишена возможности гибко варьировать соотношения кажущихся размеров виртуальных звуковых объектов, следовательно, значительно усложняется, а подчас становится вовсе невозможной тонкая фонографическая лепка деталей средних и крупных планов.

Сегодня, впрочем, вовсе не следует относиться к преимуществам и недостаткам фонографий или к их стилистической принадлежности вообще, как к неприкасаемым догматам. Убедительность любой записи подтверждается лишь характером звукового материала, музыкальным стилем, жанром. И нарекания могут вызвать только необоснованность тех или иных фонографических приёмов, случайность, непродуманность.

Рассмотрим пример. Запись музыки П. И. Чайковского к балету «Щелкунчик», произведенная любительской студией Санкт-Петербургского Малого театра оперы и балета им. М. П. Мусоргского отличалась насыщенными, выпуклыми тембрами инструментальных групп и отдельных инструментов. Казалось, в ней не было очевидных дефектов, которые претили бы *техническому* использованию фонограммы.

Но, к сожалению, художественная сторона записи изобиловала недостатками, которые делали её мало пригодной не только для тиражирования, но и для музыкального сопровождения видеозаписи балета.

Чрезмерная дифференцированность инструментальных групп, обращавшая на себя внимание с первых же тактов увертюры, полное отсутствие единой акустической окраски, гипертрофированное изображение вследствие слишком близкого общего плана фонографии создавали впечатление звучания камерного ансамбля, вопреки оркестровой партитуре. Казалось, будто сквозь увеличительное стекло рассматриваешь музыкальную шкатулку, и это, применительно к «Щелкунчику», могло бы сойти за гениальную фонографическую идею, но «приём» сразу оказывался непродуманной случайностью, как только драматургия требовала хоть какой-то масштабности, выхода за камерные рамки, а звуковое изображение оставалось прежним.

Звукорежиссёром были снижены все глубинные дистанции, и одноплановое фонографическое изложение разных оркестровых групп не всегда адекватно передавало музыкальную нюансировку.

Это усугублялось ещё и нарушением широтно-масштабных пропорций плоского звукового изображения: кажущиеся размеры группы деревянных духовых инструментов заметно превышали таковые у струнных.

Обилие крупных и сверхкрупных звуковых планов насытило запись множеством шумов, связанных со звукоизвлечением, особенно у деревянных инструментов, что отчасти препятствовало дальнейшей реверберационной обработке. Слишком близкое звучание арфы, виолончелей и альтов в *Adagio*, тремоло литавр в конце этого же номера, когда можно было различить каждый удар колотушек в общем *crescendo*, чрезмерная детализация челесты в *solo*, вплоть до обнажения механики этого нежного инструмента, — всё это, увы, сделало невозможной положительную эстетическую оценку записи.

А вот — пример глубокой художественной продуманности в записи одного-единственного звукового объекта, когда, казалось бы, сам акустический материал не даёт, в отличие от оркестра, богатых возможностей для звукорежиссуры. Яркая импрессионистская фонография представлена двумя компакт-дисками фирмы «*DEUTSCHE GRAMMOPHON*» в программе «24 фортепианные прелюдии К. Дебюсси» (играет Кристиан Циммерман, звукорежиссёр — Хельмут Бурк). Музыка великого импрессиониста звучит в огромном реверберационном окружении, характерном, скорее, для хоровых произведений. И эта звуковая диффузия так выразительна, что превращается в художественный элемент не только фонографического, но и музыкального свойства. Сам же рояль как объект то вовсе теряется в этой атмосфере, то, особенно в *fortissimo*, появляется на переднем плане в гипертрофированно широком звуковом рисунке с почти разорванным изображением полярных регистров. Иной раз это происходит постепенно, и тогда приём ассоциируется с кинематографическим «наездом», но часто передний план возникает внезапно, и также внезапно исчезает, катализируя в музыке динамические *subito*.

Количество примеров использования диффузной акустики в эстетических целях можно увеличивать до бесконечности. Анализ любой профессиональной фонографии показывает, насколько пространственная образность обогащает звуковой материал. Но при решении художественных задач звукорежиссёр обязан ещё соблюдать определённое этическое условие: приспособлять ли

этот материал к новой среде, во имя фонографического эпатажа, или выбрать максимально подходящую, пусть даже традиционную акустическую обстановку, чтобы своим вмешательством не нарушить авторский замысел. И этот вопрос необходимо ставить остро всякий раз, когда звукорежиссёрские привнесения начинают демонстрировать чересчур заметную инициативу. Такая ситуация может быть чревата тем, что звуковое произведение утратит авторскую или исполнительскую идею, став объектом для электроакустического эксперимента.

Сегодня часты рассуждения о тотальной ненужности диффузных звукоизложений, о вреде реверберации, о том, что разноплановость, как и акустическое единство — вещи не модные и современными-де слушателями не почитаемы. Коллегам, которые, слыша подобные речи, готовы, в угоду вкусовщине толпы, «наступить на горло собственной песне», я адресую слова покойного священника Александра Меня:

«Массовый энтузиазм вспыхивает легко, и легко делает своей добычей тех, кто жаждет подчинения и ищет кумиров».

Но также легко и быстро проходит мода. Как что должно быть нарисовано — решает музыкальный или литературно-драматургический сценарий, и любой, обладающий широкой культурой и тонким вкусом артист, которому профессиональный звукорежиссёр продемонстрирует его уникальный звуковой портрет, по достоинству оценит выразительную фонографию, и тем выше, чем дальше она от бездумных и пошлых стереотипов.

§ 9-3. Тембральные аспекты фонографической стилистики

Независимо от стилистической принадлежности звуковой картины с точки зрения её пространственно-акустических качеств, тембральные характеристики звучаний также можно квалифицировать по нескольким признакам, отражающим стиль работы звукорежиссёра.

- Первый из них связан со щедрым или, наоборот, весьма сдержанным использованием технических средств для специфической, нелинейной обработки звуковых сигналов. Есть мастера, убеждённые в том, что искусственные модуляции

звука с помощью устройств типа «*flanger*», «*chorus*», «*pitch variation*», т. д., денатурируют звучание музыкальных инструментов или человеческого голоса, поэтому пользоваться ими можно только в редчайших случаях, когда исполнительской выразительности категорически не хватает. Иные же считают, что «необработанный» звук — свидетельство звукорежиссёрской несостоятельности, и бездумно насыщают звуковую картину яркими по своей форме, но не всегда оправданными специфическими красками.

В начале 80-годов такой подход к электроакустическим средствам свидетельствовал лишь о том или ином отношении к новизне — восторгу или неприятию. Сегодня же огромный арсенал приборов для обработки сигналов следует рассматривать как объективно существующую палитру, выбор из которой звукорежиссёру диктует сам музыкальный материал. Художественная предпосылка, эстетическая логика точно укажут нам: когда, что и в какой степени употреблять во имя максимальной фоноколористической выразительности.

Записи детских сказок всегда позволяют широкое применение образных красок — кваканье лягушек, завывание волка, рёв медведя в фонографии выглядят гораздо убедительнее, когда они поддержаны искусственными тембрами, а не просто наивно имитируются актёрами.

Не вызывает возражения и специфическая обработка звуков электромузыкальных инструментов — адаптированных гитар, тем более — электронных синтезаторов. Это можно объяснить, пожалуй, тем, что человеческий слух до сих пор ещё не ассоциирует их с акустическими музыкальными инструментами, следовательно, никакая обработка пока не вносит в их звучание ничего противоестественного. Следует заметить, что есть звукорежиссёры, старающиеся применить все средства для «оживления» синтезированных звуков, по мере возможности приближая их звук к натуральному. В частности, в таких случаях даже небольшая добавка звуковой диффузии (реверберации) помогает скрыть некоторые детали синтетического звукообразования.

При записи крупных драматических или музыкально-драматических произведений также часто находятся поводы к применению заметных трансформаций звуковых сигналов ради яркой образности. В прологе уже упоминавшейся фонографии оперы-

фарса «Смерть Тарелкина» крик героя множится большим числом насливающихся друг на друга повторов, и этот почти унисонный хор, сливающийся в ненатуральной по своей продолжительности реверберации (Тр. \cong 60 сек.) пронзает невероятной болью не только начинающуюся на его фоне первую сцену, но и всю оперу.

Что касается (в этом аспекте) фонографии академических жанров, то вопрос надо считать пока мало исследованным, и вовсе не ставить запрет на употребление здесь специфической звуковой обработки. Ведь достаточно обратить внимание на акустическое поведение некоторых замкнутых натуральных пространств, чтобы понять, что они могут иной раз самым естественным образом окрасить звук подобно модулирующим электронным устройствам. Вспоминается запись хора, выполненная рижскими коллегами в Домском соборе, где время реверберации достигает в некоторых областях спектра 10 сек., а относительно большие задержки на стадии ранних отражений приводят к экзотическим интерференционным эффектам, очень напоминающим работу прибора «*flanger*».

А разве недопустимо применение нелинейных динамических фильтров, когда возникает необходимость подчёркивания или генерации формантных зон в спектрах вокальных или инструментальных голосов?

Тончайшую степень окраски можно получить не только минимальной дозировкой сигналов обработки. В этом случае эффект может оказаться неочевидным из-за маскировки его основным сигналом. Ювелирный результат проявится, если обработке подвергнуть не весь сигнальный спектр, а его обертоновую часть. Не хочется давать конкретные рецепты, заведомо вторгаясь в чужой художественный мир, но ведь можно было бы подобным способом найти, к примеру, звуковой образ ажурной вуали, колышущейся под лёгким ветерком?

- Второй стилистический признак звукоорежиссуры состоит в способах и целях применения линейных корректоров амплитудно-частотной характеристики звукопередачи. В одних случаях мастер не только компенсирует линейные искажения, вносимые микрофонами, длинными линиями, т. п., но использует ещё и нарочитую коррекцию АЧХ для большей дифференцированности разных голосов сложной звуковой композиции, или для максимального выявления естественных тембральных качеств источника. При этом вопрос взаи-

мосвязи спектра сигнала и пространственного положения виртуального звукового объекта, его удалённости, не является актуальным. Наверное, не следует считать данный стиль порочным, в конце концов, таких примеров много, особенно в записях популярной и рок-музыки. Нужно только помнить, что внимательный слушатель способен заметить возможные несоответствия в звуковой картине. Но проблем не будет, если пространственно-глубинная композиция, паче чаяния она используется, подчинится в своём конструировании тембральному примату.

Можно указать на два стилистических подвида. В одном из них звукорежиссёр заботится исключительно об индивидуальных тембральных качествах каждого голоса, используя все доступные способы спектральной коррекции и специфической обработки звука. При этом темброво-спектральная композиция получится удачной лишь в том случае, когда вокальная и инструментальная партитура написана чрезвычайно точно в смысле регистровых и ритмических сочетаний. Если же мы слышим одновременно несколько партий, звучащих в одном и том же регистре, а спектры сигналов — протяжённые и насыщенные, то вероятность дифференцированного или слитного восприятия таких голосов — непрогнозируемая.

В другом варианте коррекция сигналов направлена на то, чтобы темброво-спектральная композиция стала результатом творческого акта, причём все тембры здесь подчиняются, в первую очередь, контекстным закономерностям, и лишь главные спектральные, формантные зоны каждого голоса свидетельствуют о его индивидуальной принадлежности (см. главу **«ФОНОКОЛОРИСТИКА»**).

Совсем иной фонографический стиль будет представлен там, где коррекцию спектров звуковых сигналов диктуют пространственные акустические законы. При этом нужно постараться убедить всех заинтересованных участников записи в правомочности такого подхода к вопросу, когда в угоду глубинной фонографии тембры некоторых голосов окажутся завуалированными или, наоборот, подчёркнутыми.

Блестящий пример был дан ещё в 1963 году компанией BMG в фонографии оперы Ж. Бизе «Кармен» (дирижёр — Герберт фон Караян). Нужно заметить попутно, что в этой работе, несмотря на «неприкасаемый» академический материал, звукорежиссёр смело

использовал игру пространств, перемещения виртуальных звуковых объектов (панорамирование), а также то, что заслуживает отдельного рассмотрения — плановую динамику.

§ 9-4. Статичные и динамические звуковые изображения

В любом искусстве динамика, то есть изменение тех или иных свойств, является, пожалуй, самым сильным средством эстетического воздействия. Управляя зрительским или слушательским вниманием, именно динамика расставляет акценты, вершит драматургию, оплодотворяет и одухотворяет пластические и звуковые произведения. Неспроста образом безжизненности являются статические, лишённые светотени, изображения, или музыкальные звучания без нюансов.

Применительно к фонографии можно говорить о двух динамических составляющих. Первая из них относится к самому звуковому материалу, в котором драматургически движутся не только громкости отдельных голосов, но и их тембры, как автономно, так и в изменяющихся сочетаниях. Вторая же может быть представлена собственно фонографией, во владении которой находятся не только способы усиления исходной динамики, но и собственные выразительные средства, не имеющие аналогов в естественном музицировании или речи.

Многие звукорежиссёры не считают нужным вмешиваться в динамику записываемого произведения. Это, конечно, является собой индивидуальный стиль. С таким подходом к вопросу можно согласиться в том случае, когда музыкальная динамика самодостаточна. Но нельзя не учитывать двух обстоятельств. Во-первых, технические условия звукозаписи далеко не всегда позволяют адекватно передать все нюансы, предписанные автором и успешно исполняемые на концертной эстраде. Следовательно, звукорежиссёр должен компенсировать недостаток динамического диапазона тракта записи особыми регулировками уровней (или даже тембров), при которых можно восстановить впечатления от задуманной громкостной динамики. Во-вторых, при работе в тонаталье специфическое расположение артистов вносит свои коррективы в динамику исполнения; в особенности это характерно для многодоро-

жечных технологий с акустической изоляцией исполнителей или записью методом последовательных наложений, когда слуховой контроль, в принципе, не позволяет артистам управлять динамикой в необходимых пропорциях. Ясно, что подобные ситуации также потребуют впоследствии режиссёрского вмешательства.

Заметным стилистическим признаком в звукоорежиссуре является дополнительное, иногда нарочитое подчёркивание отдельных второстепенных инструментальных или вокальных реплик, которые в «живом» исполнении могли бы остаться вовсе незамеченными. Обилие таких детализированных украшений, этакое «фонографическое рококо», когда оно не противоречит духу музыки, придаёт особый блеск звуковой картине (вспомните знаменитое «Sunny» в фонографии группы Бонни М.).

Что касается собственных выразительных средств фонографической динамики, то громкостные вариации, о которых только что шла речь — всего лишь их малая доля. Звуковые картины в стереофонической геометрии могут содержать неизменные расположения виртуальных акустических объектов до тех пор, пока само звуковое действие активно и внимание слушателя переключается с одних мизансцен на другие, подчиняясь той пластике, которую фонографически представляют разные участки звучащего пространства, как по ширине стереобазы, так и вглубь. Но представьте себе, что какой-то фрагмент музыкального произведения содержит антифоны, исполняемые оркестровыми группами, находящимися приблизительно в одних и тех же азимутах звукового изображения (например, первыми и вторыми скрипками); такое фонографическое расположение для других эпизодов было оптимальным, однако принцип «вопрос — ответ» или «тезис — антитеза» может потребовать иной стереофонии. И в этом случае фонография волей звукоорежиссёра проявит собственную пространственную динамику: звуковой рисунок изменится, возникнут новые мизансцены, и свершится акт, осуществить который на филармонической сцене невозможно, во всяком случае, такое выглядело бы громоздким и нелепым.

Подобные основания находятся и для постепенного, или даже внезапного перемещения звукового объекта в глубину картины. В финале фонографии «Свадьба Кречинского» последний крик только что находившейся здесь Лидочки: «Мишель!!!» раздаётся с огромного расстояния, как образ бесконечной пропасти, возникшей вдруг между нею и арестованным женихом.

В любом тонаталье можно найти такие расстояния от микрофона до источника звука, когда изменение нюансов исполнения от *pp* до *ff* будет восприниматься слушателем как изменение фонографического плана от среднего (дальнего) до крупного. Эти расстояния соответствуют акустическому отношению, равному немногим менее 1.

Такой эффект особенно проявляется для тех музыкальных инструментов, у которых сила звука в большой степени обогащает тембр за счёт расширения и уплотнения спектра сигнала (например, у рояля).

Подобные приёмы роднят фонографию с кинематографом. Вспоминается впечатление от записи одной из программ Ленинградского джазового оркестра п/у Иосифа Вайнштейна, выполненной С. Г. Шугалём: там постепенное укрупнение рояля в *solo* было совершенно подобным кинематографическому «наезду».

Стилистическая очевидность проявляется в тех фонографиях, где каждый музыкальный голос, в том числе и инструментальный, персонифицирован согласно режиссёрской «легенде». Разные по драматургии эпизоды диктуют разное мизансценирование, и тогда возникает, иногда *subito*, стереофоническая динамика не только тембрально-громкостного, но и азимутального свойства. И не стоит, не разобравшись в художественной сути, упрекать авторов таких записей в том, что у них «скрипка то слева, то справа», или в том, что какой-то фрагмент внезапно звучит в другом плане, а то и вовсе в ином акустическом измерении.

Не следует принимать как приговор чьё-либо высказывание «мне это не нравится», пусть даже оно принадлежит маститому коллеге. Стократ прав Густав Малер: «Не обозначают ли слова “это мне не нравится” не что иное, как “я не понимаю этого”?»

Как и в искусстве вообще, в фонографии элемент неожиданности является одним из несомненных приёмов эмоционального воздействия. Он заинтересует слушателя настолько, что тот не оторвётся от записи, пока не смолкнет отзвук последнего фрагмента. Бывает, когда в первых же эпизодах фонографического произведения, в виде определённого стилистического ключа неожиданность заявлена как ***внезапность, которая впоследствии станет ожидаемой*** (да простится автору такой филологический фортель).

Сергей Эйзенштейн, анализируя в своём «Монтаже аттракционов», почему болельщики на футбольном матче полтора часа не уходят со стадиона, понял причину: никто из них не знает, что произойдёт через минуту.

Особо хочется сказать о фонографическом мизансценировании искусственных (синтезированных) звучаний.

Наиболее распространённым свойством звуков, имитирующих натуральные инструменты *solo*, является отсутствие диффузной акустической окраски, этой, по нашей слуховой привычке, неотъемлемой части априорного музыкального тембра. Такое качество звука, передаваемого, к тому же, во всей спектральной полноте, продиктовано универсальностью его применения для построения любых фонографических планов (чаще всего сказанное относится к «сэмплам» духовых инструментов). Поэтому соответствующая диффузная обработка (не обязательно реверберационная, возможно использование лишь процесса ранних отражений) является почти всегда обязательной, чтобы слушатель ощутил максимальное подобие искусственного звучания его акустической модели. Тем более, что для сверхкрупного плана, в котором, по большинству признаков, воспринимается предлагаемый электронным источником звук, не хватает исполнительских шумов, стуков клапанов, дыхания, пр. А это придаёт звуковой картине налёт странной стерильности, наивности, неубедительности.

Напротив, некоторые разработчики моделирующих синтезаторов учитывают вышеописанные обстоятельства чрезмерно, и предлагаемые ими звуки реверберированы настолько, что годятся, при всей «живости», только для изложения в удалённом плане. В этом случае, для фонокомпозиционного равновесия и понятной звуковой перспективы приходится отдалять и другие голоса партитуры, что может не соответствовать главной концепции. Поэтому, ещё во время первичной записи, нужно проявить внимание к степени диффузной окраски имитируемых звучаний, а в случае необходимости выяснить, нет ли в электромузыкальном инструменте регулировки этого параметра.

Иное дело, когда синтетический звук не имеет натуральных аналогов. Его, пожалуй, можно использовать в том виде, в котором он «сочинён» автором синтезирующего алгоритма, если, конечно, музыкальная или фонографическая драматургия не предписывают дополнительных звукоизобразительных трансформаций.

При построении звуковой картины с естественными источниками звука, фоноколористические проблемы возникают редко. Это относится даже к сложным партитурам, если они оптимальны в смысле регистровых распределений. Причина в том, что музыкальные инструменты обладают акустической, в частности, спектральной, индивидуальностью, свойственной виду, семейству, конкретному представителю. Если же для подобной партитуры использовать исключительно электромузыкальный источник, сколь бы добросовестно он ни имитировал натуральные модели, колористически дифференцированное изложение может быть затруднено тем, что электронные звенья одного и того же инструмента непременно сообщат всем звукам однотипную окраску, характерную для данного изделия. Поэтому, как только возникает необходимость в тембральной прозрачности, звукорежиссёр вынужден применять избирательную коррекцию, хотя бы небольшую, подчёркивая для каждого голоса актуальную, например, формантную, часть его спектра.

Как и в каждой главе книги, автор вновь и вновь обращается к зрительным свойствам слушателей, как будто речь идёт о глазах, а не ушах. Но думается, что и здесь появилось немало доказательств тому, насколько зрение, активизированное звуковым изображением с его акустическими, колористическими и динамическими оттенками, способно усиливать слуховое восприятие. И лишний раз становится понятным, что фонография — не самоцель, а только средство, один из эстетических путей к слуху.

И как бы высокопарно ни прозвучали в контексте этой главы слова Плутарха, очень хочется их привести: «...из всех чувствований слух особенно легко приводит душу в замешательство, скорее всех других возбуждает в ней страсти, лишает её способности к здравому рассуждению».

Конечно, в звукозаписи допустимо утруждать себя лишь тем, чтобы всё было хорошо слышно. Но похвально ли такое самообкрадывание? Даже искреннее стремление создать добросовестный звуковой протокол не может, на мой взгляд, объяснить отказ от дополнительных богатых эстетических средств, которые таит в себе фонографическое искусство. Игра пространствами, тембрами, движениями, композиционная драматургия, изобразительные трансформации звуков, — всё это звукорежиссёр, считающий себя

профессионалом, обязан брать на вооружение, с каким бы материалом ни приходилось ему работать.

Однако, не следует ставить средства во главу угла. Любые из указанных способов звукорисования должны быть настолько органичны с авторской или исполнительской идеей, что фонография с обилием её выразительных феноменов превращается в априорные свойства исходных акустических композиций. Пётр Вайль сказал: «...есть техника блистательная, когда ею восхищаешься, и техника выдающаяся, когда её не замечаешь».

И только это второе способно к наполнению, а не к сосуществованию.

Определив для себя эстетическую систему, выработав свой художественный язык, ни в коем случае не превращайте их в категорическую доктрину, ибо Вы рискуете потерять талант, сковать данные Богом способности слышать, видеть и чувствовать тонко. Всякий раз отбирайте единственно возможные и необходимые способы фонографической реализации своих замыслов.

Не ушами, а сердцем отдавайтесь звуковому материалу, и Вы овладеете им в Вашем творчестве. Тогда детали звуковой картины станут подобны актёрам, мастерски передающим слушателю художественную авторскую мысль.

Глава 10.

РЕДАКТИРОВАНИЕ ФОНОГРАММ

Как уже известно, существуют три вида технологии, применяя которые звукорежиссёр может вносить в записанный материал разнообразные коррективы фонографического или фоноколористического свойства, создавать звуковые композиции из различных фрагментов («дублей») записи одного и того же произведения, или строить звуковые сцены, используя отдельные фонограммы их составных частей. Ориентируясь на технологические условия тиражирования звукозаписей, режиссёр изготавливает оригинал, так называемый мастер-диск, являющийся финальным продуктом деятельности профессиональных студий.

Главная цель перечисленных работ — достижение максимальной художественной выразительности в рамках технических ограничений, пока ещё существующих у современных типов звуконосителей. Мы не будем, за редкими исключениями, подробно рассматривать эти регламентации, тем более, что они, в основном, сводятся к детерминированному динамическому диапазону звукопередачи. Но даже и это тривиальное обстоятельство, если его игнорировать, может свести на нет творческие усилия, оставив слушателю то и дело возникающие технические дефекты, не имеющие никакого отношения ни к авторской идее, ни к актёрскому мастерству, ни к режиссёрскому воплощению.

Технологические процессы, которые мы рассмотрим в настоящей главе, называются так:

- **Перезапись (сведение) многодорожечных фонограмм.**
- **Монтаж фонограмм.**

Как будет показано ниже, каждая из этих процедур сопряжена с большой технической насыщенностью. В этом не просто примета современных звукозаписывающих студий. Техническая, электроакустическая палитра, предоставляемая звукорежиссёру для решения художественных задач, используется на данных этапах работы

над фонограммами, пожалуй, в максимальной степени. Поэтому мастер обязан владеть ею безукоризненно, дабы не попасть в гипнотический плен всевозможных аппаратных хитросплетений или компьютерных терминов, а подчинить себе весь комплекс средств, как подчиняет своей доброй воле дружественную труппу театральный режиссёр. И тогда фонографический спектакль перезаписью осуществится во всей полноте замысла, а смонтированное даже из мельчайших фрагментов звуковое произведение поразит своей цельностью.

§ 10-1. Перезапись многодорожечных (многоканальных) фонограмм

Этот процесс, название которого в кинопроизводстве укоренилось ещё в 30-е годы от англ. **Re-Recording mixing**, в обиходе именуется словом «**сведение**». Он состоит в смешивании отдельных компонент звукового произведения, записанных на разных дорожках многоканального магнитофона, либо на разных лентах синхронно работающих аппаратов воспроизведения (в кинотехнологии), либо размещённых в разных файлах компьютерных звуковых станций.

В смысле манипуляций на звукорежиссёрском пульте процедура перезаписи в былые годы мало чем отличалась от процедуры первичной многомикрофонной записи. Особого внимания требовала, пожалуй, лишь коммутационная конфигурация.

Все источники сигналов здесь были уже линейными, с нормированным уровнем от 0 дБ. до + 6 дБ. (0 дБ. соответствует электрическому напряжению 0,775 В при нормированной нагрузке 600 Ом.). Следовательно, чувствительность входных звеньев пульта устанавливалась соответственно поступающим сигналам.

Режиссёр определял два обстоятельства. Первое было связано с последовательностью расположения на пульте каналов тех или иных источников, а также с объединением различных каналов в группы, обеспечивающие регулировки уровней без изменения внутренних соотношений (см. иллюстрации 10-1 и 10-2)*.

* Экскурс в эпоху физическо-аналоговых комплексов имеет, по убеждению автора, несомненный методологический смысл.

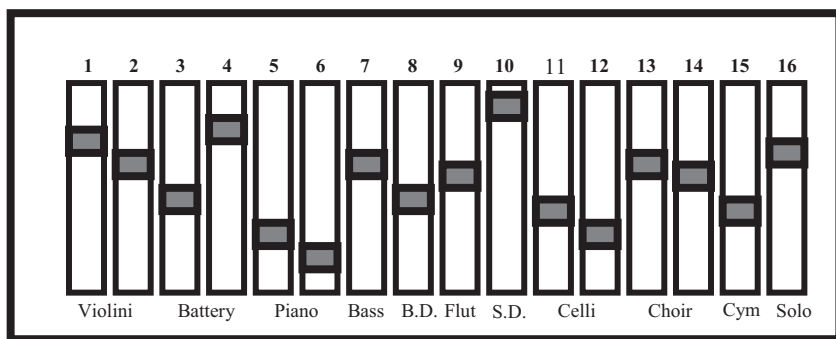


Иллюстрация 10-1

Пусть коммутационная конфигурация, изображённая на иллюстрации 10-1, отражает последовательность расположения фонограмм различных голосов партитуры на дорожках многоканального устройства, физического или компьютерного. Случайно или сознательно, но действительно могло оказаться, что при записях музыкального произведения методом последовательных наложений каналы струнных, ударных инструментов, рояля, хора, т. д., хаотично «разбросались» в многодорожечном тракте.

Конечно, с чисто технической точки зрения это не имеет никакого значения, но если учесть, что перезапись и без того является громоздким процессом, то лучше не усложнять его, отвлекаясь поиском на пульте соответствующих регуляторов.

(Нужно сказать, что описанная ситуация почти буквально взята из жизни. Автору в своё время довелось для публикации на грампластинке проводить перезапись многоканальной фонограммы музыки Виктора Резникова к фильму «Как стать звездой», снятому на киностудии «ЛЕНФИЛЬМ». Распределение инструментальных и вокальных партий на многодорожечной ленте было настолько неорганизованным, да ещё и непостоянным от произведения к произведению, что пришлось потратить много драгоценного внимания, чтобы разобраться в этом хаосе. К счастью, пульт перезаписи позволял всякий раз конфигурировать удобное расположение источников, но расход рабочего времени был непомерно увеличен).

Нет необходимости комментировать иллюстрацию 10-2. Можно только добавить, что если соединения физической аппаратуры в студии стационарные, а пульт звукорежиссёра не оснащён дополнительной коммутационной панелью, заботиться об организации

материала в многоканальном комплексе надо уже на первичных стадиях.

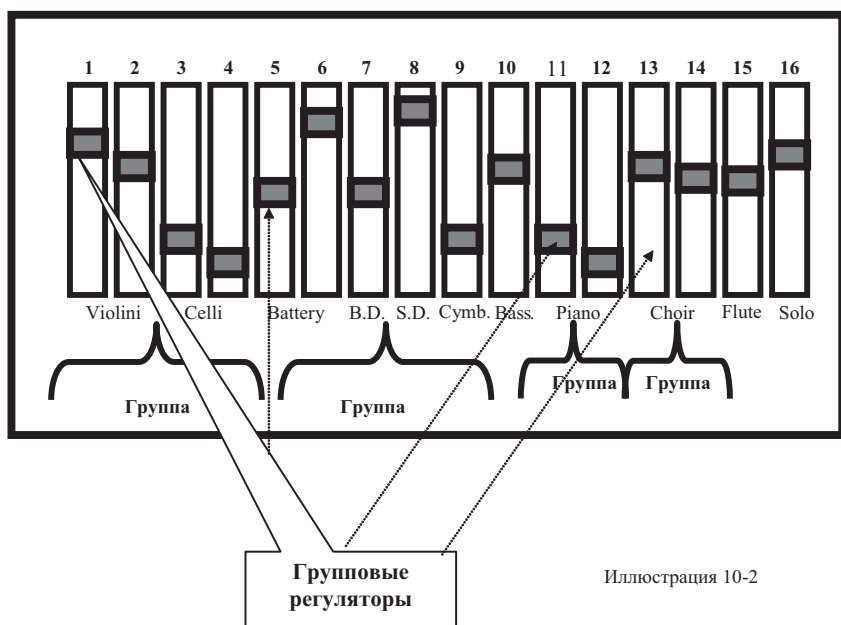


Иллюстрация 10-2

Некоторые физические пульта, предвосхищая компьютерные звуковые станции, имели внутреннюю канальную структуру, рассчитанную на стереофонические пары. В особенности, это было характерно для пультов, содержащих так называемые стереоконтуры с суммарно-разностными преобразователями для осуществления звукопередачи по системе M/S. Иные пульта позволяли объединять в локальные группы 2 соседних канала; при этом из-за схемотехнических особенностей дальнейших коммутаторов или панорамных регуляторов все каналы «левого» направления имели нечётные номера, а «правого» — чётные.

На иллюстрации 10-2 показано, что каналы №№ 1-4, 5-9, 11-12 и 13-14 объединены в четыре группы. В пределах каждой группы звукорежиссёр мог устанавливать определённые пропорции уровней сигналов от голосов, входящих в её состав.

Если динамическая форма требовала громкостных изменений *данной группы в целом* по отношению к остальным компонентам партитуры, то выполнять нужные манипуляции, пользуясь одновременно, например, пятью регуляторами группы ударных

инструментов было бы невозможно без случайного нарушения внутреннего баланса. Для устранения такого неудобства почти все современные звукорежиссёрские пульта позволяют один из регуляторов, входящих в состав группы, сделать так называемым «главным» (**MASTER**). Разумеется, всякий пульт обладает индивидуальными конструктивными особенностями групповых объединений. В одних случаях это не требует дополнительных субгрупповых коммутаций: регуляторы, использующие управляемые усилители (**VCA**) просто связываются в общую цепь управления. В иных вариантах, как, например, в широко распространённых пультах «**МАСКУЕ**», применяется дополнительная коммутация сигналов со входами промежуточных сумматоров, регуляторы усиления которых становятся в данном случае групповыми, а выходные цепи сумматоров подключаются к общему выходному звену.

Второе обстоятельство, также являющееся прерогативой звукорежиссёра, связано с различными способами подключения к пульту устройств для дополнительной обработки сигналов. Как известно, это может быть сделано либо с помощью линий «**AUX**» и подключением выходных цепей устройств к свободным каналам пульта (иллюстрации 10-3 и 10-4), либо с использованием гнезд «**INSERT**» (иллюстрация 10-5).

Иллюстрации приводятся здесь также не для простого технического цитирования. Способы подключения, как мы сейчас увидим, тесно связаны с фонографическими задачами.

Если в звуковой картине азимутальное положение продуктов обработки не имеет значения, более того, вовсе не должно совпадать с направлением, занимаемым собственно прямым источником, то способ подключения устройств обработки может соответствовать иллюстрациям 10-3 или 10-4. В большинстве случаев это относится к использованию электронных ревербераторов как приборов для создания общеакустических диффузных полей (иллюстрация 10-3). Попутно можно добавить, что подача сигналов в цепь «**AUX**» может осуществляться с сохранением постоянных пропорций между «прямыми» и обработанными звуками при изменении положения канального регулятора (**FADER**), или независимо от последнего; соответствующие варианты выбираются включением режимов «**post**» — «**pre**». Последний вариант позволяет реализовать динамические глубинные эффекты, подобные «наездам» в кинематографе или телевидении.

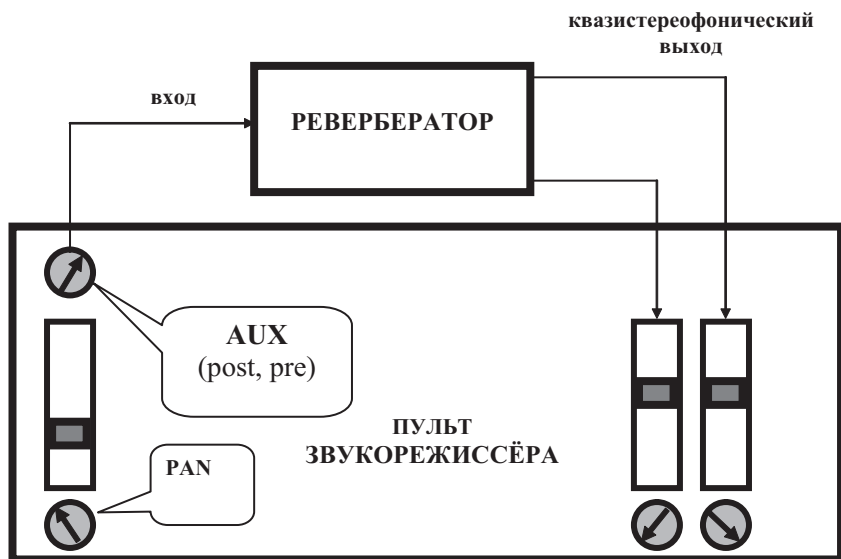


Иллюстрация 10-3

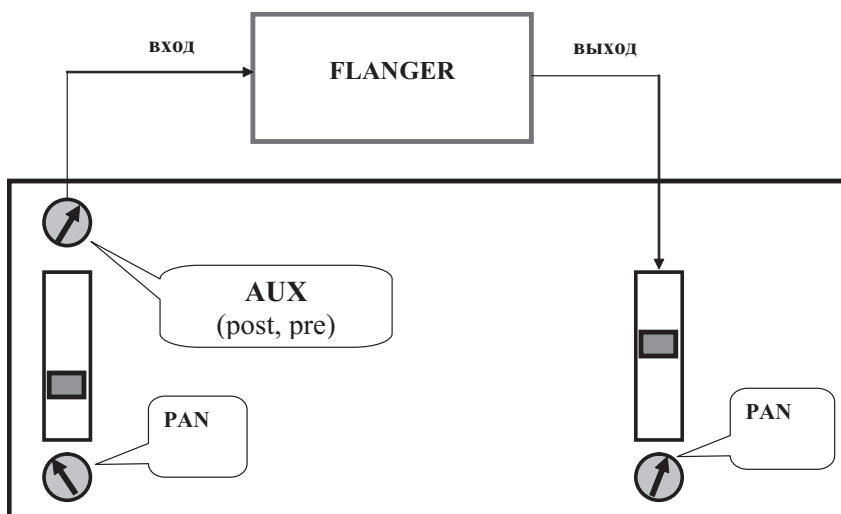


Иллюстрация 10-4

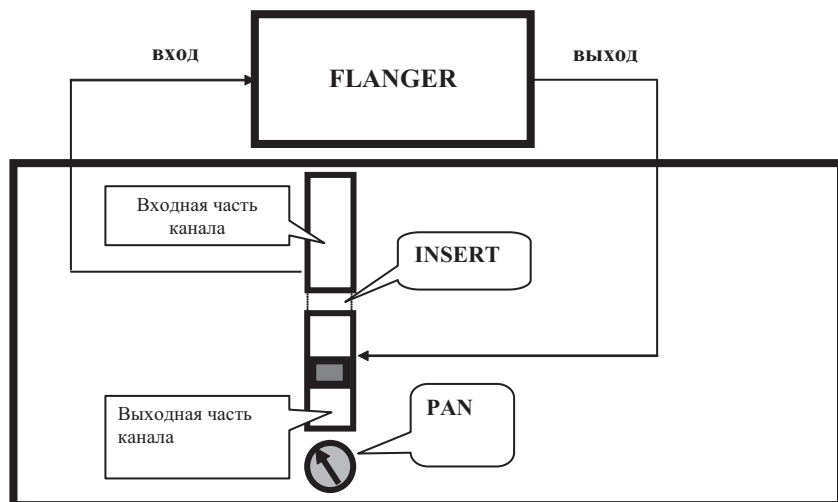


Иллюстрация 10-5

Иллюстрация 10-4 соответствует выразительной фонографии, где специфический эффект «**FLANGER**» изображается отдельно от собственного источника, как бы заявляя о его *alter ego* (обратите внимание на позиции панорамных регуляторов). А когда сигнал обработки есть составная часть единой природы звука, идёт ли речь о колористике, динамике, диффузной окраске с той или иной целью, то целесообразно применить коммутацию, изображённую на рис. 10-5. Здесь панорамный регулятор — один, общий для всех компонент сигнала. Но необходимо учитывать, что при данном способе подключения физическое устройство обработки должно обладать возможностью оперативной регулировки пропорций (**mix**) между входным (**dry**) и выходным (**wet**) сигналами*.

Существуют и комбинированные способы коммутации устройств для обработки звука; они часто бывают продиктованы не столько художественными задачами, сколько конструктивными особенностями звукорежиссёрских пультов, недостаточным количеством линий «**AUX**», дефицитом свободных каналов, т. п.

Практика доказывает, что лучшим пультом для звукорежиссёра на стадии перезаписи является тот, который обеспечивает максимальную свободу внешних коммутаций. Но даже в «идеальном»,

* Программные *plug'ins* это обстоятельство учитывают.

с технической точки зрения, случае мастер обязан заранее продумать и точно определить полную конфигурацию всех межаппаратных соединений, основываясь на взаимосвязях между эстетическими задачами и техническими возможностями выбранной студии.

Как будет показано ниже, компьютерные звуковые станции или программные аудиоредакторы требуют от звукорежиссёра ещё большей технологической дисциплины.

В процессе перезаписи звукорежиссёр проводит громкостные уточнения всех компонент звуковой структуры. Эти действия иногда осуждаются музыкантами и некоторыми моими коллегами, полагающими, что если установлено некое среднее соотношение громкости между всеми сыгранными и спетыми партиями, то дополнительная нюансировка в перезаписи уже не нужна. Вряд ли такие дискуссии целесообразны. Дело в том, что во время многоканальной записи, особенно, если она делается методом последовательных наложений, артисты неадекватно контролируют музыкальную динамику: как можно исполнить партию, где перемежаются фактура и контрапункты, слушая при этом, к примеру, только ударные и бас? Одного умозрения здесь недостаточно, тем более, что в итоге воспринимаемая слушателем динамика существенно зависит от звуковых планов тех или иных голосов, от степени их удалённости, а это как раз формируется в ходе перезаписи. Ситуация усложняется ещё и способом мониторинга у исполнителей (головные телефоны), взаимной акустической изоляцией участников ансамбля в пространстве, т. п.

Сказанное вполне оправдывает динамические корректировки. *Subito* или *poco a poco*, в записи возникают нюансы, выполненные звукорежиссёром, иной раз для компенсации упомянутых проблем, иной раз внося в музыку новые качества, приятно неожиданные, может быть, даже для её автора.

Если количество громкостных поправок невелико, то их выполнение после соответствующей репетиции удаётся просто и точно. Однако, при перезаписи продолжительных и партитурно насыщенных произведений вряд ли можно реализовать большое, а подчас огромное, число корректировок, рассчитывая лишь на собственную память. Поэтому современные звукорежиссёрские пульта для аналоговых сигналов оснащаются канальными регуляторами уровня с управляемыми автоматическими устройствами,

запоминающими, а затем воспроизводящими режиссёрские манипуляции.

Существует два типа таких регуляторов. Одни из них выполняют регулирование в электронных цепях, использующих так называемые усилители, управляемые напряжением (**VCA**), другие представляют собой устройства с механическим приводом, перемещающим в автоматическом режиме ползунок регулятора так же, как это делал звукорежиссёр. Последнее выглядит очень эффектно, да и электронное качество у таких регуляторов при прочих равных условиях заметно выше, чем у **VCA** (актуальным оказывается такой технический параметр, как скорость нарастания выходного напряжения при появлении на входе блока регулятора импульсного сигнала); лишь два обстоятельства ограничивают применение электромеханических устройств: их сравнительная дороговизна и невозможность скачком изменить в большой степени своё состояние, а ведь бывают ситуации, когда требуется внезапно перейти от *ppp* к *fff* в нединамичном, к примеру, звуке синтезатора, извлеченном во время записи в *mf*.

Надо заметить, что в подавляющем большинстве автоматизированных физических пультов звукорежиссёра изменение положений корректоров частотной характеристики, регуляторов цепей «**AUX**» и панорамных регуляторов по-прежнему выполняется вручную. Между тем, в сложных по своей драматургии звуковых картинах фонографическую композицию, колористику, степень и характер диффузной окраски требуется менять многократно, иногда даже в пределах одной сцены.

Для достижения успешных результатов в таких случаях использовали технологию перезаписи, известную в кинопроизводстве под названием «челнок». Аппараты воспроизведения и записи двигались синхронно-синфазно в обоих направлениях (включая ускоренную перемотку), на пульте звукорежиссёра репетировался и устанавливался режим, точно отвечающий характеру небольшого фрагмента, последний записывался, соединяясь на магнитной ленте с предыдущим, где звуковая картина могла, в принципе, значительно отличаться от нынешней (и иными были настройки пульта), затем вновь производились регулировки, соответствующие требованиям следующего фрагмента, и так далее. В профессиональных прецизионных аппаратах магнитной записи стыки разных участков фонограммы (их называют иногда «электронными склей-

ками») были, практически, незаметны на слух, так как переходы из режима воспроизведения в режим записи и обратно осуществлялись быстро и плавно.

Ясно, что при такой технологии режиссёр получал возможность строить звуковую картину во всех отношениях точно, не испытывая ограничений в запоминании положений любых регуляторов. Да и сам процесс перезаписи, как это ни удивительно, проходил уже значительно быстрее, ибо не было необходимости рассредоточивать своё внимание на все манипуляции, которые могли бы встретиться в течение целого произведения, достаточно концентрироваться на одном фрагменте. Но при этом автор записи должен быть уверен в стратегической правильности своих действий. Прежде всего, это касается динамической формы выполняемого номера. Поскольку «челночный» способ перезаписи — последовательный и, к сожалению, иногда лишает нас возможности вносить какие-либо поправки в начальные эпизоды, когда всё уже сделано, то категорически необходимо заранее определить громкостные соотношения и оценить уровень суммарного выходного сигнала пульта в кульминации, хотя бы путём приблизительной настройки.

В качестве тракта записи в «челночной» технологии иногда использовали свободные каналы многодорожечного магнитофона. При этом существенно упрощалась техническая структура аппаратно-студийного комплекса, так как отпадала необходимость в устройствах, синхронизирующих аппараты записи и воспроизведения фонограмм.

При компьютерных технологиях описанные сложности отсутствуют. Более того, если запоминающие устройства физических пультов, как было сказано, позволяют эффективно автоматизировать лишь работу с изменением уровня сигналов и их стереопанорамным регулированием, то виртуальные звукорежиссёрские пульта специализированных аудиоредакторов воспроизводят в своей долгосрочной памяти любую, выполненную режиссёром, фонографическую или фоноколористическую динамику, локальное применение специфических средств обработки звука, множественные варианты программной коммутации, т. п.

В ходе перезаписи (как и при многомикрофонной непосредственной записи), если звукорежиссёр не нашёл оптимального спектрального распределения для разных голосов в сложной

фактуре (см. главу «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**»), возникает ситуация, именуемая у коллег «гонка за лидером». Увеличение, пусть и незначительное, громкости одного голоса может привести к снижению динамической внятности другого, что немедленно компенсируется повышением уровня последнего. Затем обнаруживается, что «стало мало барабанов», однако, после соответствующей поправки, вновь хочется сделать первый голос громче. Этот лавинообразный процесс закончится, как только индикаторы суммарного уровня просигнализируют катастрофу, хотя никто из присутствующих так и не испытает удовлетворения.

Если дело касается музыки, где громкость является главным критерием качества, то для её увеличения можно рекомендовать автоматическое сжатие динамического диапазона каждого из частичных голосов с предварительной компенсацией усиления. Но для «деликатных» жанров всегда лучше снизить уровень чего-либо второстепенного, чем делать громче главный голос.

При выполнении продолжительных плавных изменений громкости иногда необходимо учитывать инерционные свойства слуха. В особенности, это актуально, когда в финальной, многократно повторяющейся фигурации музыкального произведения реализуется ремарка «*Morendo al fine*» (см. нотный пример 1), в то время как главная линия на фоне непрерывного сопровождения имеет паузы. Если бы рояль в двух последних тактах звучал сам по себе, а звукорежиссёр совершал единое движение регулятора канального уровня (**Fader**), то слух воспринял бы результат этого действия, как плавное *diminuendo*. Но когда основное внимание приковано к соло флейты, то при непрерывном «уводе» уровня начало каждого очередного повторения её фразы будет скачкообразно тише

The image shows a musical score for Flute and Piano. The Flute part is in the upper staff, and the Piano part is in the lower staff. The tempo is marked 'Allegro moderato'. The Flute part has a 'Morendo al fine' instruction. The Piano part has a 'mf' dynamic marking. The score is in 2/4 time and features a key signature of two flats (B-flat and E-flat). The Flute part has a melodic line with a crescendo leading to a final note. The Piano part has a rhythmic accompaniment with a crescendo leading to a final chord. The score is divided into two systems by a double bar line. The first system shows the beginning of the piece, and the second system shows the end, marked 'Morendo al fine'.

Пример 1

конца предыдущей, и если слух это отметит, то целесообразно применить ступенчатое движение регулятора вниз, всякий раз останавливаясь на второй доле последнего такта.

При проведении перезаписи особое внимание следует уделить мониторингу. К сожалению, отсутствие унификации в этом вопросе исключает верное прогнозирование слушательских оценок в домашних условиях. Впрочем, в последние годы наблюдается постепенный отказ от использования мощных акустических систем для так называемого контроля в удалённом поле. Причина тому, пожалуй, не только в дороговизне таких агрегатов. В жилых помещениях мощные громкоговорители не слишком распространены, а ведь именно там, по преимуществу, воспроизводят записанные в студиях музыкальные программы. К тому же, расположение в студиях небольших акустических систем (среди которых весьма популярна модель «**JAMANA-NS 10**») вблизи режиссёрского пульта, то есть мониторинг «в ближней зоне», позволяет в значительной степени игнорировать собственные диффузные свойства помещения аппаратной. Разумеется, ограничение диапазона воспроизведения в низкочастотной области у таких громкоговорителей требует от звукорежиссёра определённых индивидуальных корректив.

Что до уровня громкости мониторов, то целесообразно снижать его, насколько это возможно, если, конечно, не приходится чересчур напрягать слух, и отсутствуют внешние отвлекающие акустические помехи. При таком прослушивании уменьшается влияние субъективных гармоник слуха, да и вообще его нелинейности, частным порождением которой эти гармоники являются. Однако и здесь не стоит забывать, что низкому уровню громкости сопутствует диспропорциональное снижение чувствительности слуха к низким частотам. Во избежание ошибок в балансировке инструментов нижнего регистра, нелишне периодически проверять свои ощущения, применяя более мощные и широкополосные электроакустические системы.

В некоторой степени сказанное распространяется и на высокочастотные компоненты звукового спектра.

Применение для слухового контроля головных телефонов, разумеется, полностью исключает влияние помещения и внешние помехи, однако рекомендовать такой способ всем звукорежиссёрам

вряд ли уместно, так как он требует определённых навыков, в частности, привычки воспринимать фонографию, когда локализация виртуальных источников звука распределяется не «перед глазами», а по так называемой латеральной дуге, соединяющей височные области головы, где расположены слуховые отделы мозга. С другой стороны, можно ориентироваться на то обстоятельство, что работа с головными телефонами позволяет, при прочих равных условиях, существенно снизить уровень громкости, что благоприятно сказывается как на восприятии звуковой картины, так и на слуховой трудоспособности.

§ 10-2. Перезапись (сведение) многодорожечных фонограмм с использованием компьютерных аудиоредакторов*

Сегодня в пользовании у профессионалов и любителей звукозаписи находится большое количество компьютерных программ, позволяющих с той или иной степенью удобства реализовать сведение многоканальных фонограмм и последующий монтаж. Их классификации сводятся, в основном, к направлениям, получившим своё развитие от таких пионеров, как «**Wave Frame**», «**Sonic Solution**», «**Cool Edit**», «**Cubase**». Так, впоследствии, возникли программные продукты «**Editor Plus**», «**Pro Tools**», «**Digital Performer**», «**Adobe Audition**», «**Nuendo**» и др. Аудиоредакторы работают на базе персональных компьютеров IBM или Macintosh.

В задачи автора не входит рассмотрение преимуществ и недостатков операционных систем и компьютерных конструкций. Мы будем анализировать лишь ту сущность аудиоредакторов, которая имеет отношение к собственно звукорежиссуре, к возможностям самой оптимальной организации фонограммного материала в фонографическую картину.

Каждая компания, разрабатывающая компьютерные программы, естественно, стремится к наиболее широкому охвату задач современной художественной сферы, именуемой *мультимедиа*. Здесь необходимы различные действия, связанные с редактированием изображения и звука, с использованием технологий **MIDI**,

* Предполагается, что читатель хорошо знаком с работой персональных компьютеров, чьи системные функции здесь почти не комментируются.

с выпуском конечных продуктов, например, мастер-дисков для последующего тиражирования. Но преследуемая универсальность программ, к сожалению, пока не даёт полноценных результатов. Поэтому использование специализированных компьютерных редакторов сегодня представляется наиболее целесообразным.

Конечно, каждый звукорежиссёр вправе пользоваться тем программным инструментом, который ему удобен, привычен и соответствует вкусам и требованиям конкретных музыкальных видов и фонографических стилей. Также учитываются такие обстоятельства, как простота интерфейса, свойства файловой системы аудиоредактора, возможности периферийных связей, т. п.

В этих отношениях вполне подходящей является широко распространённая компьютерная программа «**Pro Tools**», совместимая со звуковыми устройствами фирм «**Sound Designer**» и «**M-Audio**». Можно сказать, что из всех мультимедийных редакторов «**Pro Tools**» считается наиболее универсальным, хотя его возможности очень далеки от таковых у видеомонтажного редактора «**Adobe Premiere**» или у **MIDI**-редактора «**Cubase SX**».

Однако, если звуковой материал в сложной фонографической композиции требует ювелирной отделки вроде специфических монтажных стыков, локальной выразительной обработки сколь угодно малого фрагмента, чередования мизансцен с периодическими звукоизобразительными репризами, активной плановой или тембровой динамикой, то программа «**Pro Tools**» позволяет реализовать всё это весьма неуклюжими способами, с большими затратами рабочего времени, что для деятельности профессиональных студий вносит известные ограничения.

Большой опыт автора позволяет если не настоятельно рекомендовать, то, по меньшей мере, продемонстрировать на страницах этой книги некоторые свойства компьютерного редактора «**Samplitude Pro**», разработанного в Германии при активном участии профессионалов, практикующих в самых разных областях музыкальной звукорежиссуры. Программа специализирована для работы со звуковым материалом, записанным в любом из сегодняшних цифровых форматов, вплоть до частоты дискретизации в 192 кГц при разрешении в 32 разряда с так называемой «плавающей запятой». Её возможности, при современных параметрах мощных **IBM PC**, применимы к решению любых фонографических задач в ходе

сведения многодорожечных записей; с ней легко выполняется прецизионный монтаж, как одноканального, так и многоканального звукового материала, а также премастеринговые операции, хотя специфика последних может потребовать наличия иного аудиоредактора, например, «**Adobe Audition**» или «**Sound Forge**»*.

Прежде, чем приступать к непосредственному сведению исходного материала, нужно чётко представлять себе фонографию, соответствующую звукорежиссёрской концепции, сюжету, драматургии музыкального произведения. Предполагается, что работа мастера над записью происходила с самого начала её осуществления, и звукорежиссёру ясна звуковая композиция, роль каждого голоса партитуры. В противном случае необходимо ознакомиться с материалом в любом виде, даже смешав начерно исходные файлы чужой записи в любом простом многодорожечном аудиоредакторе.

Только так может возникнуть умозрительная фонографическая и фоноколористическая структура, контуры звукоизобразительных мизансцен.

Мы рассмотрим здесь основные технико-технологические моменты сведения многодорожечного материала на примере абстрактной звуковой партитуры. Пусть файлы *.wav исходных фонограмм, подлежащих сведению в многодорожечном редакторе, соответствуют следующему списку (см. иллюстрацию 10-12):

- | | |
|------------------|---------------------|
| 1. 4 Flauti | 9. Guitar 2 |
| 2. Saxi-Quintett | 10. Campana |
| 3. FlugelHorn | 11. Side Cymball |
| 4. 4 Trmpti | 12. Snare Drum (SD) |
| 5. 3 Posaune | 13. HiHat |
| 6. Syntez 1 | 14. Bass Drum (BD) |
| 7. Syntez 2 | 15. Bass 1 |
| 8. Guitar 1 | 16. Bass 2. |

* В главе «**Пространственный звук**» будут показаны возможности работы редактора «**Samplitude Pro**» в 6-канальной системе «**DVD-Audio**».

Подготовка исходного материала к перезаписи (сведению)

У персональных компьютеров (ПК) любая программа звуковой редакции, тем более, многоканальная, работает с ограниченным ресурсом мощности. Он определяет число звуковых каналов (*tracks Number*), умноженное на количество как внутриканальных функций для обработки сигнала (*Volume, Equalizers, Dynamics, Delay*, т. п.), так и подключаемых программных устройств (*Plugins*). Конечно, теоретически, этот объём может быть огромен, но при малом размере оперативной памяти ПК и его низком быстродействии не гарантировано бесперебойное воспроизведение многодорожечного звукового массива, пока он не смешан в единый файл.

С целью уменьшения количества операций с частичными компонентами и разгрузке, таким образом, компьютера во время настройки программы по сведению, желательна предварительная обработка исходного материала. Она выполняется в любом редакторе, работающем с одиночными звуковыми файлами, например, в программах «**Sound Forge**» или «**Adobe Audition**». Речь идёт лишь о тех процедурах, целесообразность которых несомненна, а подбор их параметров не требует многодорожечного мониторинга ради сопоставления звучания с иными компонентами музыкального произведения. Например:

1. Полная очистка пауз (см. огибающие звуковых сигналов: на иллюстрации 10-6 — пауза «грязная», а на иллюстрации 10-7 — пауза «мёртвая»).

Необходимость очистки пауз связана с тем, что при наличии даже минимального сигнала на любом участке звуковой дорожки, вынужденно выполняются все подключённые функции, и это замедляет работу многоканальной программы ПК. Полное же отсутствие сигнала автоматически выключает данный канал, и ресурсы компьютера существенно экономятся.

Строго говоря, «омертвить паузу» можно и во время сведения, полностью устранив тот или иной фрагмент звукового объекта (см. ниже). Но коль скоро мы выполняем какие-то операции по предварительной обработке, очистка пауз может быть проведена попутно.

Разумеется, ещё до сведения в исходных записях устраняются щелчки, акустический или электрический шум и иные технические дефекты.

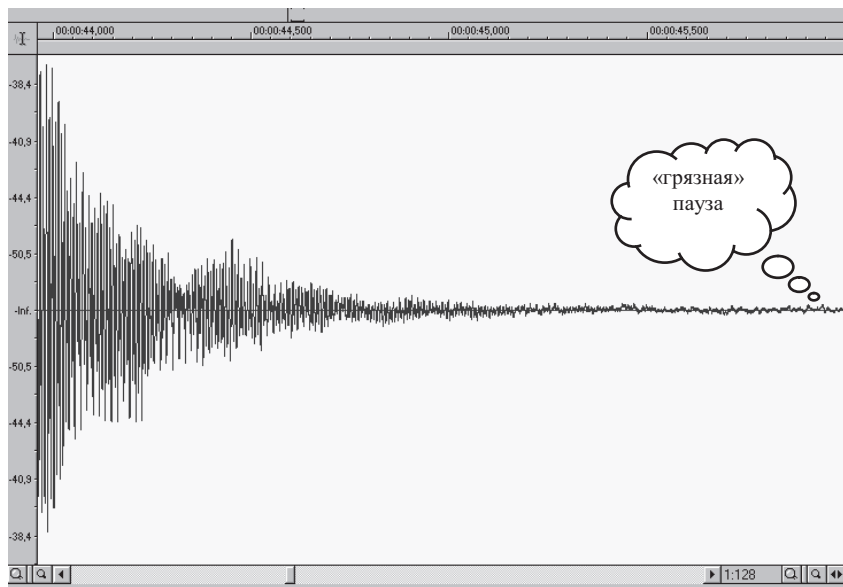


Иллюстрация 10-6

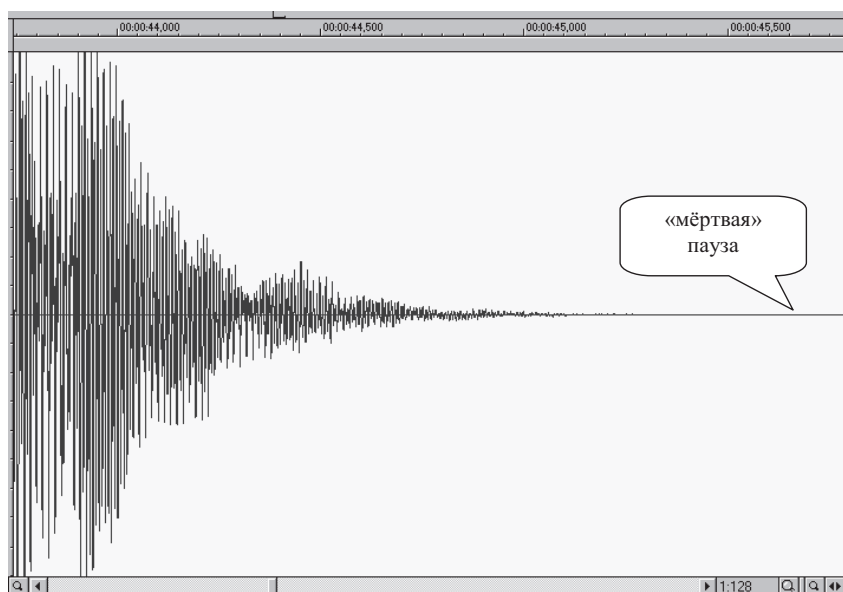


Иллюстрация 10-7

2. Ограничение частотного диапазона. На иллюстрации 10-8 приведена спектрограмма записи 4 флейт, в оркестровой партитуре которых самая низкая нота — *до второй октавы* (частота основного тона — 523 Гц). Более низкие спектральные компоненты, свидетельствующие разве что о неточно интонированном унисоне, — неактуальны, поэтому целесообразно применить фильтр ВЧ с частотой ограничения порядка 500 Гц.

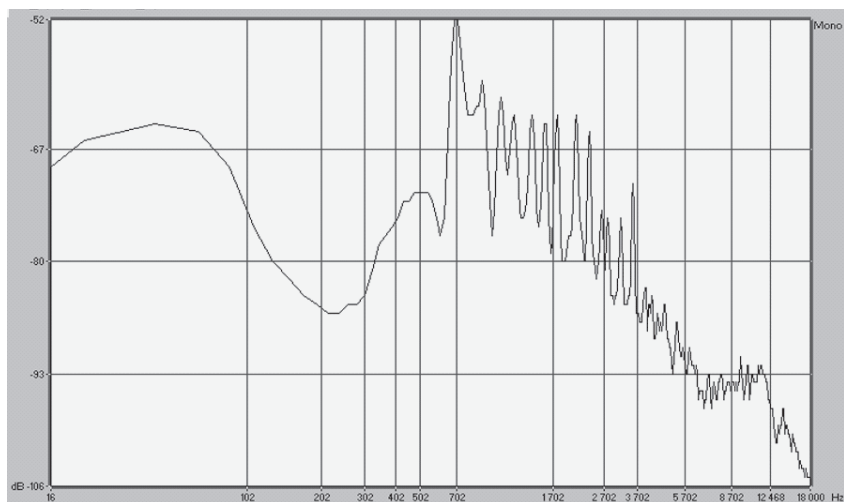


Иллюстрация 10-8

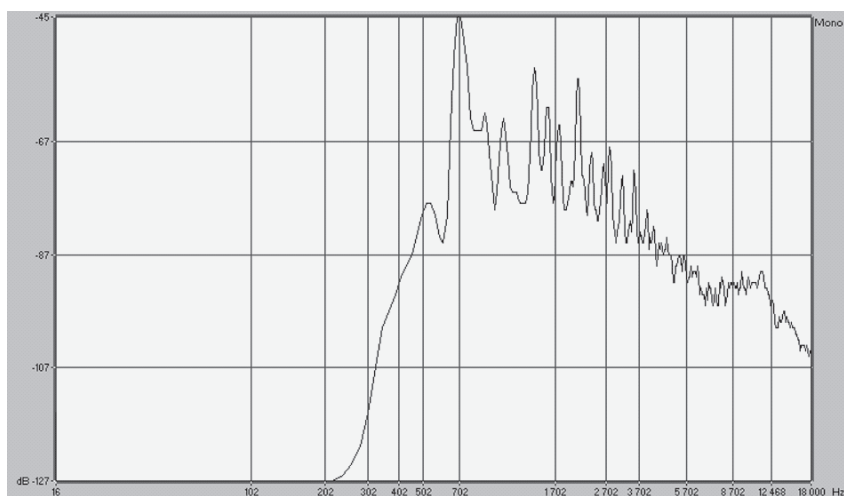


Иллюстрация 10-9

На иллюстрации 10-9 показан результат ограничения частотного диапазона.

Эта фильтрация особенно важна, если во время записи совместного ансамбля духовых инструментов в микрофонный канал флейт попадали, к примеру, низкорегистровые звуки тромбонов (см. понятие о ВЭАС в главе 4). Эта чужеродная добавка препятствует сепаратной обработке флейтовых голосов, когда таковая нужна: её действие может косвенно сказаться на звучании тромбонов.

Конечно, ограничительное звено можно включить в процессе перезаписи в единый блок корректора АЧХ (см. ниже), но, во-первых, в нём может не быть необходимости, а во-вторых, указанную обработку целесообразно проводить с помощью автономного фильтра, использующего т. наз. быстрое преобразование Фурье (FFT). Пример такого фильтра, имеющегося в аудиоредакторе «**Adobe Audition**», приведен на иллюстрации 10-10.

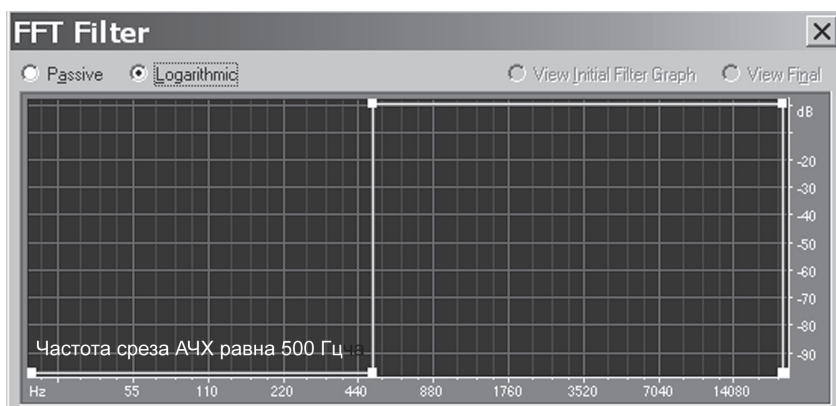


Иллюстрация 10-10

Кроме ограничительных, возможно также применение избирательных фильтров, как для заведомого усиления определённых спектральных областей (например, формант), так и для режекции нежелательных составляющих (например, фона от сети переменного тока с частотами 50 Гц и компонент соответствующего гармонического ряда — 100 Гц, 150 Гц, 200 Гц, т. д.).

Заметим, что подчёркивание каких-либо спектральных зон с фоноколористическими целями требует сопоставления результата со звучанием других голосов инструментальной или вокальной партитуры, поэтому выполнять его в «изолированном» файле нуж-

но с осторожностью даже при наличии определённого звукорежиссёрского опыта.

3. В случае необходимости, расширяются виртуальные размеры фонографического объекта. Для этой цели применяют *plug'ins* типа *MS-Matrix*, *Stereo Imager*, *Expand stereo*, т. п. Впрочем, эту обработку также рекомендуется проводить в сравнении с пространственными впечатлениями от других звукоизображений*.

4. Во многих видах популярной и рок-музыки не существует такого понятия, как динамический нюанс. И если эту заданность вполне соблюдают профессиональные инструменталисты, то, к примеру, неподготовленные вокалисты часто исполняют свои партии с преувеличенным диапазоном динамики, от шёпота до крика. Это обстоятельство, как известно, может усложнить громкостную балансировку разных голосов при их сведении. Тогда целесообразно превентивное сжатие динамического диапазона (компрессирование или ограничение с начальным усилением).

Для этой цели в программе «**Sound Forge**» или «**Adobe Audition**» может быть применено средство типа плагина «**Waves L1-Ultramaximizer+**».

5. Если заведомо и наверняка планируются какие-либо звуковые эффекты, определяющие характер звукового образа (напр. *Chorus*, *Flanger*, *Echo*, т. п.), их также можно применить до сведения. Аналогична и специфическая обработка типа автопанорамирования (для этой цели отлично подходит плагин «**MondoMod**» из того же пакета *Waves*).

Что касается диффузной обработки исходных звуков ради формирования различных фонокомпозиционных планов (плагины реверберации или ранних отражений), то эти операции успешно выполняются лишь в контексте всего звучания.

Дополнительные технические и психоакустические предпосылки для получения звуковой унификации в сведённой фонографии

Имеется в виду относительное снижение зависимости качества звучания от ассортимента акустических систем воспроизведения. В главе «**ФОНОКОЛОРИСТИКА**» было сказано о том, что

* Надо сказать, что секция панорамного регулятора в аудиоредакторе «**Samplitude Pro**» позволяет регулировать иллюзорную ширину виртуального источника звука.

для нашего слуха изломанность спектральной характеристики сигнала в какой-либо области свидетельствует о тембральном императиве звукового объекта, о форманте либо акустической окраске иного рода.

Известно, что АЧХ динамических громкоговорителей изобилует «пиками» и «провалами». Конечно же, их наличие сообщает каждой акустической системе индивидуальные способности окрашивать звук. Но, будучи распределёнными вдоль всего частотного диапазона, эти множественные экстремумы среднестатистически не так сильно влияют на воспроизводимые тембры различных вокальных или инструментальных голосов, как более ощутимая изломанность характеристики в областях разделения частотных диапазонов многополосных акустических систем, особенно при наличии полосовых квазирезонансных электрических фильтров высокого порядка (**crossover**).

Эти, заметно «красящие» неоднородности АЧХ находятся в районе 300÷500 Гц и 2000÷4000 Гц для 3-полосных или 400÷700 Гц для 2-полосных акустических систем. Нежелательная окраска звука будет проявляться тем сильнее, чем больше спектральных компонент сложного сигнала будут в этих зонах.

Доступной превентивной мерой к возможному достижению независимости от этих досадных электроакустических качеств является деликатное облегчение всех, где это не несёт художественного ущерба, спектров суммируемых голосов звуковой программы (см. АЧХ программно параметрического корректора в аудио-редакторе «**Samplitude Pro v8**» на иллюстрации 10-6).

Этот способ заодно снижает возможность комбинационных спектральных образований при суммировании звуков, лежащих в диапазоне от малой до третьей октавы музыкальной шкалы, и сведённая запись ощущается более чистой.

Неплохо вспомнить, что большинство психоакустических феноменов меняет свою природу тоже в районе 450÷550 Гц. Это обстоятельство также даёт косвенный повод для уменьшения величины спектральных компонент данной области; практика показывает, что такого рода «облегчение» звукопередачи устраняет некоторый сумбур в слуховом восприятии, когда единственный физический источник звука — громкоговоритель странным для психоакустики образом излучает смесь разнородных музыкальных голосов.

Особенно безобидной данная коррекция АЧХ оказывается для фонографических объектов удалённых планов. Но чем крупнее

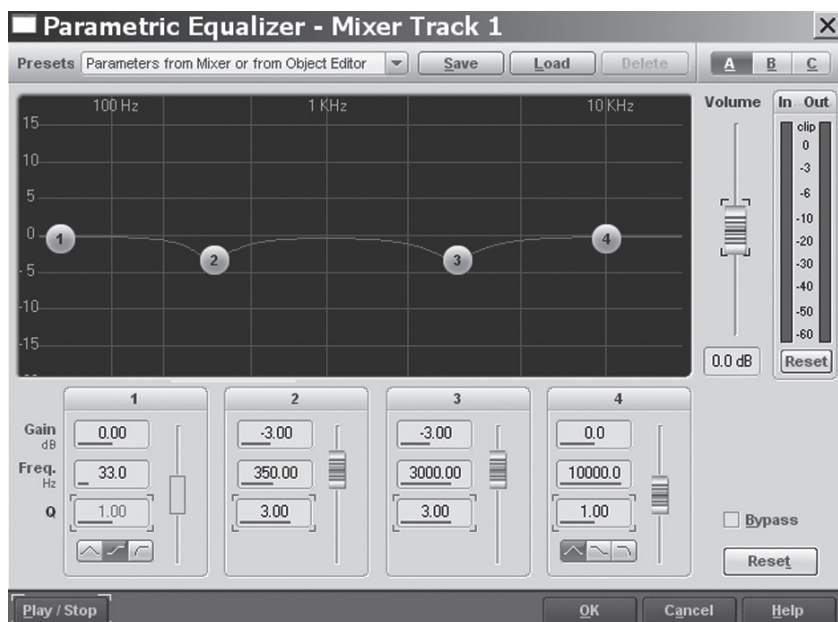


Иллюстрация 10-11

звуковое изображение, тем с бóльшим вниманием и осторожно-стью следует относиться к указанной операции, а для композици-онно первого голоса, может быть, и вовсе её не применять.

После подготовки исходного материала переходим к рабо-те в многодорожечном компьютерном аудио редакторе. Для этого в программе «**Samplitude PRO**» создаётся так называемый **VIP**-виртуальный проект.

Размещение исходного материала в окне **VIP** многодорожечного редактора «**Samplitude PRO**». Предварительные настройки программы

На иллюстрации 10-12 видно расположение исходного мате-риала в виде объектов программы в многоканальном окне аудио редактора «**Samplitude PRO**». Увеличенный фрагмент окна пред-ставлен на иллюстрации 10-13.

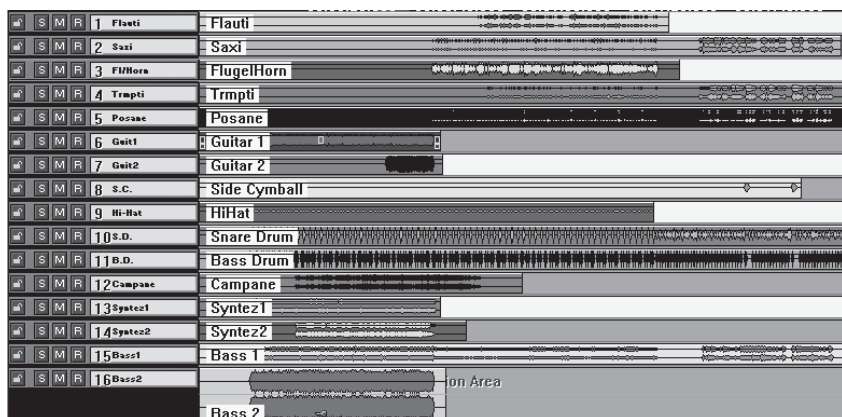


Иллюстрация 10-12

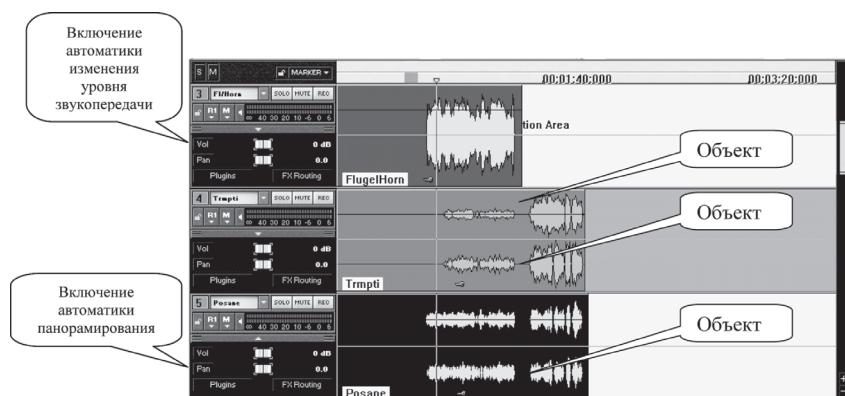


Иллюстрация 10-13

Разумеется, размещение материала можно делать в произвольном порядке, хотя всегда какая-нибудь логика расположения (партитурная, динамическая, групповая, т. п.) оказывается небесполезной.

Настройка программы «**Samplitude PRO**», помимо стандартного указания директории хранения файла перезаписи, состоит в установке числа буферов оперативной памяти и их размера (иллюстрация 10-14).

Основное правило настройки: *чем большим при установках выбрано то или иное число, тем стабильнее звуковоспроизведение. В то же время, работа системы с увеличением ресурсов становится инерционнее. Это проявляется в ощутимых задержках, как при старте воспроизведения, так и при изменении «на ходу»*

каких-либо параметров частотной коррекции или иной обработки звука. Поэтому выбор указанных величин всегда является компромиссным.

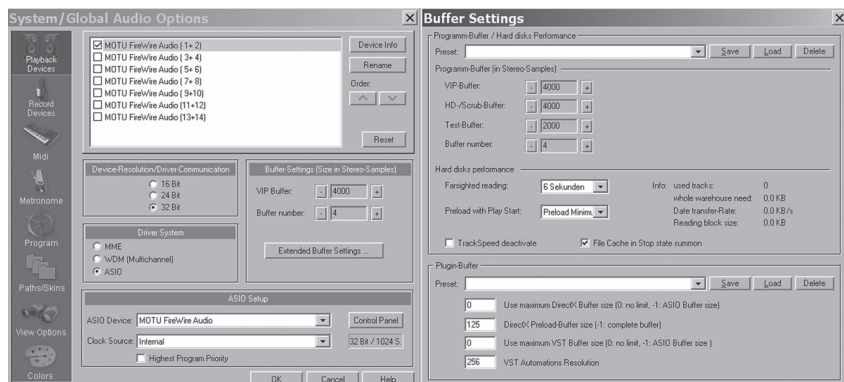


Иллюстрация 10-14

Также выбирается адресация устройств воспроизведения (если у ПК их несколько), и устанавливается математическая точность работы программы. В нашем случае — 32-разрядная.

Если предварительная очистка пауз не была сделана, то её можно произвести внутри дорожки размещения исходного файла. Для этого **выделенный** объект разбивается на части (операция «**Split**», соответственно положению курсора). Затем «пустые» куски стираются (стандартная операция «**Delete**» в меню «**Edit**» или нажатием на одноимённую клавишу). Результат приведен на иллюстрации 10-15.

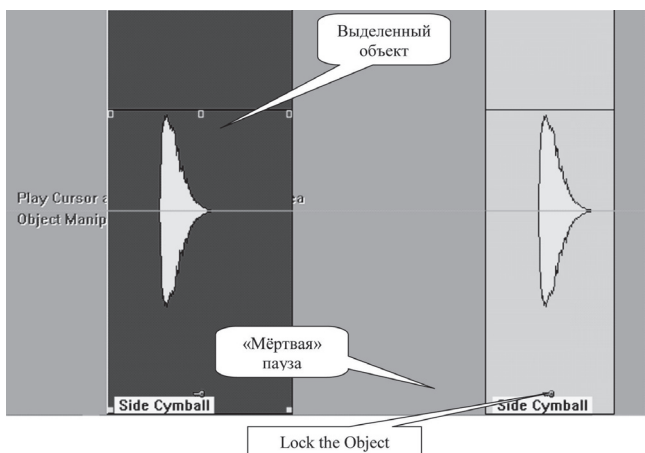


Иллюстрация 10-15

Примечание: *при обращении к объекту с помощью манипулятора «мышь» возможно случайное смещение объекта во времени. Во избежание этого, программа предусматривает запрет перемещения всех объектов вдоль дорожки (кнопка «Lock Track» на панели управления дорожкой — см. иллюстрацию 10-16). Локальные запреты перемещения могут быть включены на любом объекте кнопкой «Lock the Object» (иллюстрация 10-15).*

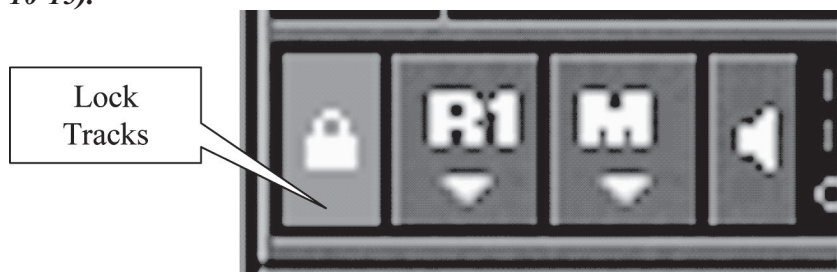


Иллюстрация 10-16

Наиболее важной частью аудиоредактора для звукорежиссёра является программный пульт, фрагмент которого приведен на иллюстрации 10-17.

Некоторые органы управления пультом не обозначены, так как не нуждаются в комментариях.

Кроме возможности подключения любых *plug'ins* для обработки звука, установленных в компьютер, программный пульт «**Samplitude PRO**» в каждом канале имеет следующий набор собственных средств, функциональное и художественное назначение которых описано в главах 2, 6 и 7:

- Трёхполосный регулятор стереонаправления и иллюзорного расширения звукового квазиобъекта — «**Multiband Stereo Enhancer**».
- Частотный фильтр, основанный на быстром преобразовании Фурье — «**FFT Filter**».
- Динамический комбинированный широкополосный авторегулятор «**Compressor / Expander / Noise Gate / Limiter**».
- 4-полосный компрессор «**Multiband Dynamics**».
- Избирательный компрессор для снижения уровня шипящих и свистящих согласных звуков речи «**Dehisser**».

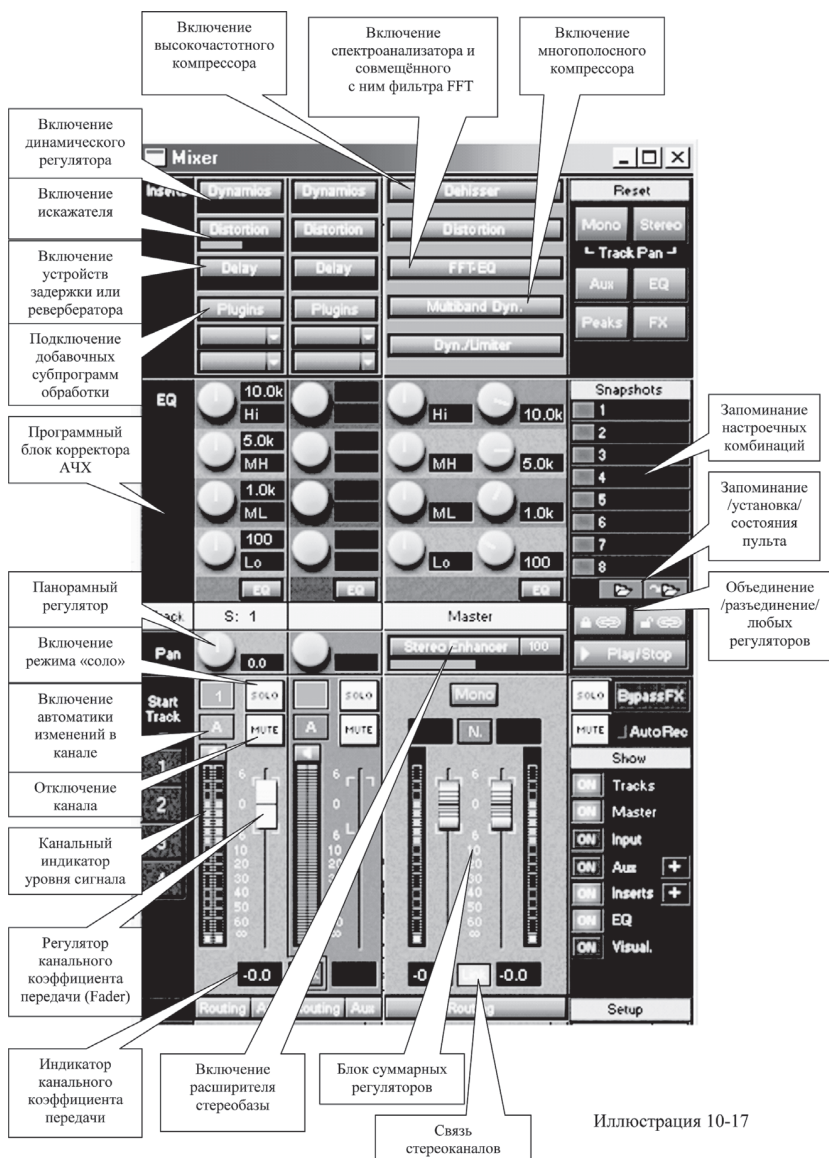


Иллюстрация 10-17

- Искажитель амплитудной характеристики «**Distortion**».
- Имитатор электроакустических устройств «**Ampsimulation**».
- Программное устройство для интермодуляции «**Vocoder**».
- Устройство для создания ранних акустических отражений «**Room Simulator**».

- Комбинированный блок задержек сигнала «**Echo / Delay / Reverb**».

Любые манипуляторы пульта в произвольных комбинациях могут объединяться в группы*; так же, благодаря разветвлённому коммутатору каналов (см. иллюстрацию 2-21), при создании т. наз. субгруппового смесителя «**Submix Bus**» сигналы любых дорожек могут суммироваться предварительно, например, для использования единого средства специфической обработки.

Дополнительными каналами пульта являются цепи **AUX** в неограниченном количестве. В них можно включить мыслимое множество устройств обработки звука; сигналы с любых дорожек ответвляются в эти цепи отдельными регуляторами в произвольных пропорциях, в вариантах «**Post Fader**» или «**Pre Fader**». При отсутствии устройств обработки цепь **AUX** превращается в промежуточный сумматор ответвлённых сигналов подобно каналу «**Submix Bus**».

Перемещения канальных регуляторов усиления (**Fader**) или направления (**Pan**) можно запомнить, включив режим «**Automation**». Кривая регулирования отображается в дорожке; её можно корректировать или рисовать без участия регуляторов (***Options / Programm Preferences / VIP Mouse Mode / Draw Volume*** или ***Draw Panoram*** — см. иллюстрацию 10-18).

В отдельном файле можно сохранить полную конфигурацию программного пульта «**Samplitude PRO**» со всеми подключёнными средствами обработки звука (***plug'ins***) и их настройками. Кроме этого, возможно оперативное переключение 8-ми состояний пульта (кнопки «**Snapshots**»).

Надо сказать, что, подобно варьiruемой конфигурации каждого канала **VIP**, для всех средств звуковой обработки, как собственных, так и подключённых, в аудиоредакторе «**Samplitude PRO**» можно оперативно менять последовательность их действий (процедура ***Routing, Effect order***). Тем самым умножаются пути творческих поисков. Но не следует забывать об одном обстоятельстве:

* Пример целесообразности такой связи: для выполнения *crescendo (diminuendo)* недостаточно только громкостных манипуляций — эффект получится более убедительным, если им будут сопутствовать изменения АЧХ канала передачи: подъём краёв частотной характеристики при *crescendo* и, соответственно, спад при *diminuendo*.

всякие обработки сигнала, применённые к каналу (дорожке), действуют в её пределах неизменным образом*. Чтобы звукорежиссёр имел возможность производить любые моментальные изменения в сигнале, программа предлагает детальное редактирование сколь угодно малого объекта (иллюстрация 10-19).

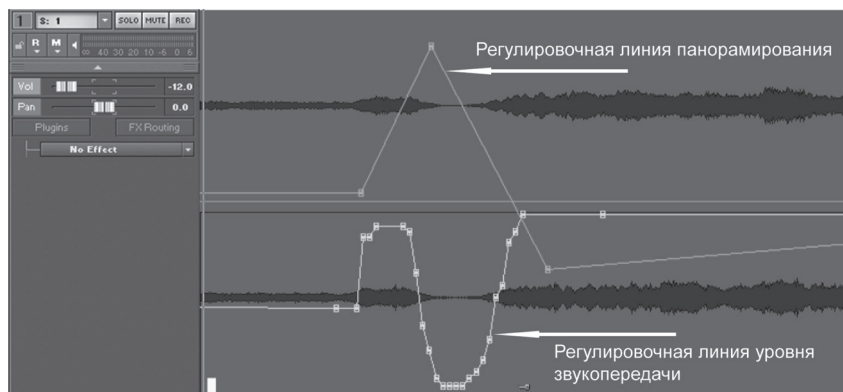


Иллюстрация 10-18

Если драматургия предполагает множество таких *subito*, хотя бы изменение громкости или пространственного азимута, то состояния объектов на дорожке должны быть приоритетны, и параметры её генеральных регуляторов (соответственно, манипуляторов данного канала пульта), следует привести к нейтральным, нулевым позициям.

Редактор объекта имеет полный набор вышеперечисленных устройств обработки звука. Кроме того, в нём существует средство для экзотических темброво-пространственных трансформаций «**Convolution**», а также дополнительный блок оперативных высотных и временных манипуляций с сигналом, в составе которого есть программа плавного изменения высоты «**Elastic Audio**», интерфейс которой представлен иллюстрацией 10-20.

При любой, простой или специфической локальной обработке сигналов, звучание от объекта к объекту будет плавно изменяться за время перехода через разделительную границу (см. ниже: понятие о *crossfade*).

* При наличии в компьютере средств **VST** возможна автоматически запоминаемая динамика любых параметров устройств этой серии (примечание автора).

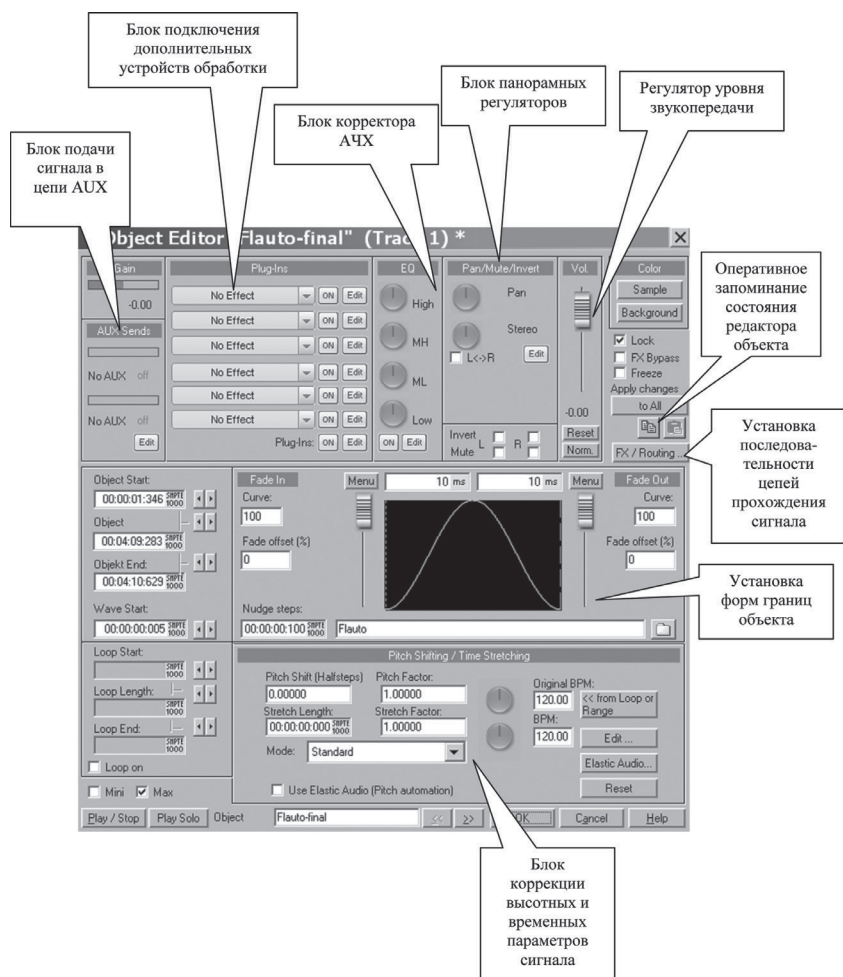


Иллюстрация 10-19

Обилие технических возможностей обязывает режиссёра к заведомо тщательному эксплицированию создаваемой звуковой картины. Это заметно оптимизирует работу, особенно при наличии большого числа источников и широкого ассортимента образных средств. Становится ясно, насколько здесь важно существование художественной предпосылки, легенды, звукоизобразительного сценария. Тогда не только вся партия музыкального инструмента, но и каждая реплика, и даже отдельно взятая нота будет отнесена к некоему действующему лицу, персонажу фонографической пьесы.

И уже легче можно решать вопросы о композиционных планах, азимутальной и пространственной динамике, соответственно, о том, что, к примеру, в технической структуре станет приоритетным: канал пульта или объект — выделенный фрагмент дорожки записи?

Представим себе, что в первой части нашего спектакля малый барабан **SD** (см. дорожку № 10 **VIP** на иллюстрации 10-12) не просто акцентирует слабые доли ритмического музыкального рисунка сухим, хлестким звуком, но изображает *«пощёчины»*, сообразно драматургии, *«раздаваемые герою разгневанной толпой со всех сторон»*. А в следующем эпизоде задача уже иная: этот голос барабана, яркий, упругий, массивный, символизирует *«человеческую волю, способную подчинить себе противоборствующее окружение»*.

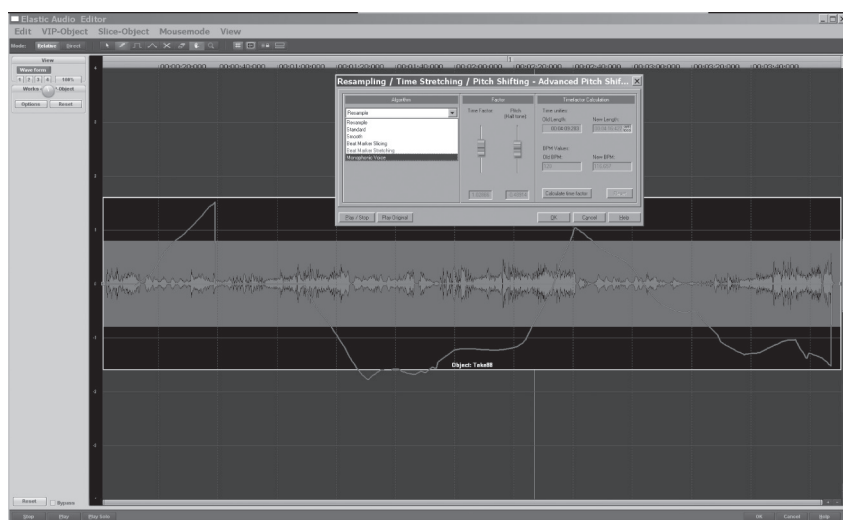


Иллюстрация 10-20

Ясно, что две эти ипостаси предполагают, во-первых, существенную перестройку эквалайзера 10-го канала, вариации диффузных качеств звука, а в первом эпизоде, очевидно, — ещё и регулярное изменение стереофонического азимута (образ *«пощёчин со всех сторон»* может быть решён самым тривиальным способом: звук раздаётся то слева, то справа). При таком обилии технических переключений целесообразно использовать не канальную автоматику пульта, которой не подчиняются ни корректор АЧХ, ни

регуляторы цепей **INSERT** или **AUX**, а локальные настройки выделенных объектов 10-й дорожки.

Пример настроек панорамных регуляторов для первого фрагмента дорожки малого барабана дан на иллюстрации 10-21. Разумеется, соответствующие манипуляторы пульта в канале 10 находятся в нейтральном положении.

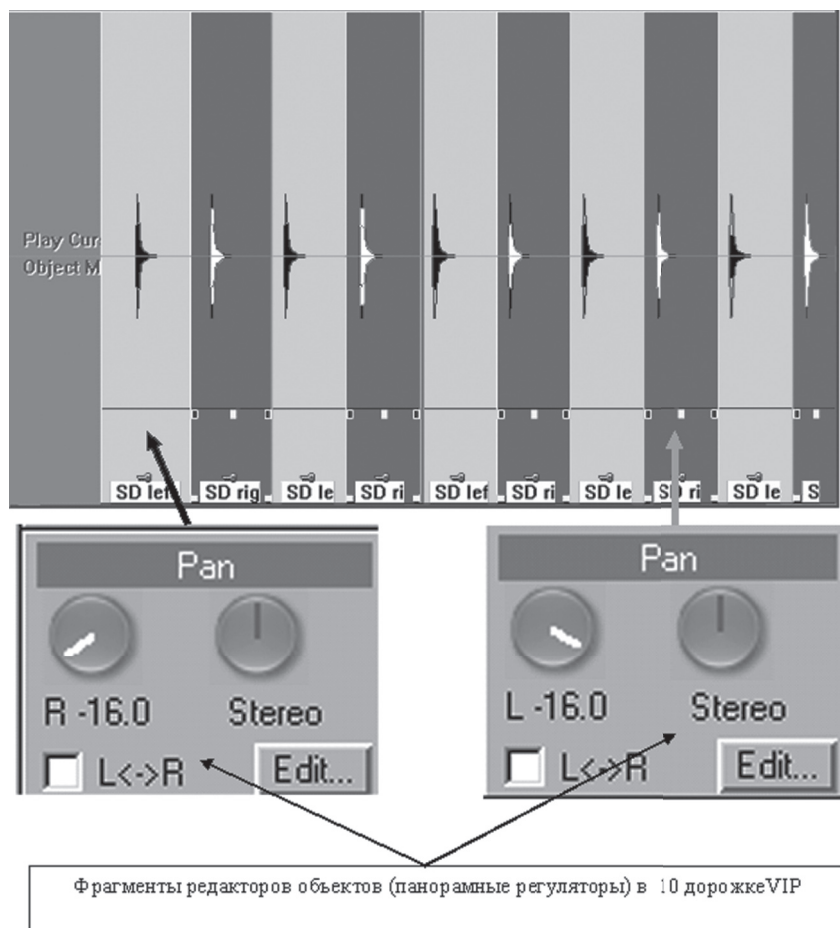


Иллюстрация 10-21

Все нечётные объекты связаны в группу «левого» азимута, а чётные — в группу «правого» азимута. В каждой группе делается настройка панорамного регулятора лишь для первого объекта; команда «**Apply changes to all**» (см. иллюстрацию 10-19) распро-

страняет эту настройку на все объекты выбранной группы. Так же общей являются параметры эквалайзера: «хлёткость» ударов усиливается подъёмом АЧХ в области 4500 Гц.

Описанная организация звукового материала являет пример фонографического мизансценирования. Эта процедура не определяет окончательную громкость голосов ни в целом, ни, тем более, фрагментарно. Звукоизобразительные мизансцены связаны с положением виртуальных объектов в стереофоническом или квадрофоническом пространстве, соответственно музыкальной драматургии. Для их уточнения всегда удобно сначала выбрать пару голосов, определяющих полярные глубинные координаты: самый крупный и самый дальний планы. Затем остальные фонографические «персонажи» займут свои места, после чего останется уточнить громкостные балансы. Последнее также целесообразно делать в локальных объектах, хотя аудиоредактор **«Samplitude PRO»** позволяет реализовать плавные или скачкообразные изменения уровня звукопередачи, используя регулировочные линии (иллюстрация 10-18).

Сколь бы условной, вымышленной не казалась фонографическая драматургия звукового произведения или его фрагмента, её наличие обеспечит автору фонографии логику звукоизобразительного повествования. Уместно ещё раз вспомнить изречение Фридриха Шлейермахера: «Всё понятно, где не бросается в глаза никакой нонсенс; ничего не понятно, если **не сконструировано**».

И в этом — залог убедительного слушательского восприятия, когда возникает желание познать тайну, что кроется за всеми формальными средствами огромной звукорежиссёрской палитры.

При установке громкостных балансов неуместны какие бы то ни было рекомендации, тем более, стандарты. Лишь музыкальное чутьё и вкус автора подскажут верные решения.

Композиционные закономерности, касающиеся тембров различных голосов и их положением в фонографическом пространстве, подробно рассмотрены в предыдущих главах. Здесь хочется лишь привести техническое дополнение, связанное с применением любых программных средств обработки сигналов.

Интерфейс каждого собственного устройства аудиоредактора **«Samplitude PRO»**, равно, как и интерфейс всякого из современных

plug'ins, имеет встроенный индикатор уровня обрабатываемого сигнала. Ни в коем случае нельзя игнорировать его показания: цифровое программное устройство по своим свойствам полностью повторяет аналоговый прототип, и превышение уровня также чревато искажениями звука, да ещё с добавлением специфических оттенков этих искажений, воспринимаемых, как некоторая «сдавленность», «потеря объёмности», «выхолащивание», т. п.

При использовании программных средств диффузной обработки звука, в частности, ревербераторов, стоит обращать внимание на предлагаемую «по умолчанию» частотную характеристику времени реверберации: часто в исходном состоянии она бывает идеально равномерной во всём слышимом диапазоне, что абсолютно противоречит физической акустике. Оттого создаваемая краска воспринимается жёсткой и раздражающей, каковые впечатления усиливаются, если уровень диффузных сигналов сравнительно большой, а время начальной задержки реверберационного процесса — нулевое.

Последним, сугубо техническим этапом сведения является программная операция по изготовлению файла суммарной фонограммы (меню **Tools**, функция **Track Bouncing**).

Поскольку в процессе контроля оптимальных пространственных, колористических и громкостных балансов у маломощных компьютеров могли возникать проблемы с бесперебойным воспроизведением звука, то теперь есть возможность полноценного прослушивания результатов нашей работы. Не исключено, что какие-то детали фонографии потребуют корректив. После их осуществления в **VIP** операцию **Track Bouncing** повторяют вновь.

Итоговый файл суть оригинал перезаписи (сведения).

В случае необходимости, суммарная фонограмма может быть подвержена монтажу, дополнительной *мастеринговой* обработке (общему реверберированию звука, изменению его динамического диапазона, т. д.). Обо всём этом — читайте ниже.

§ 10-3. Монтаж фонограмм

Необходимость проводить какие-то операции по объединению различных звуковых фрагментов («склеиванию» кусков записи) в непрерывную композицию весьма обоснованна. Известно,

что многие виды работ выполняются сразу стереоканально, без многократных наложений, без разделения артистов в студийном пространстве или во времени, следовательно, без последующей перезаписи. Тем не менее, ограничить всю технологическую цепь лишь микрофонным приёмом звука, за редкими исключениями, не удаётся, и вот почему.

Психологический настрой исполнителей музыкальных произведений в условиях записывающих студий, когда артисты остаются наедине с микрофонами, вызывает у многих специфическую степень мобилизации, доводящей до огромного внутреннего напряжения. Это парадоксально отличает их состояние от такового во время концертных выступлений, где, казалось бы, многотысячная аудитория и сознание невозможности исправить любую досадную ошибку, должно требовать от них как раз экстремальных усилий. Поэтому, стремясь к формальной безукоризненности в студийной записи, артисты иногда забывают о музыкальной сути происходящего. В другом случае, когда удаётся расслабиться и абстрагироваться от микрофонной обстановки, в музыкальном отношении всё получается, но в фонограмме то тут, то там могут быть слышны какие-либо ошибки в изложении авторского текста, интонационные или ансамблевые неточности, т. д. Далеко не всегда мелкие погрешности наносят ощутимый ущерб записи, также как и не всегда какие-нибудь изъяны акустического характера, например, посторонние шумы, сильно мешают слушательскому восприятию. Но убеждённость в том, что запись даёт возможность слушать её многократно, и тайное станет, в конце концов, явным, — требует избавляться от любых дефектов.

В стремлении к совершенству можно было бы, конечно, петь и играть в студии беспредельно. Но давно стало понятно, что большое число полных вариантов (в обиходе — дублей) записи скорее утомляет артистов, чем приносит желаемые плоды. Поэтому часто оказывается целесообразно записывать звуковое произведение фрагментарно, как только становится ясно, что его исполнение целиком по тем или иным причинам не удаётся. Соединение этих фрагментов происходит в процессе последующего звукомонтажа.

Оговаривая с автором, дирижёром и артистами обоснованность монтажа и его возможности, звукорежиссёр часто преодолевает психологический барьер своих оппонентов, убеждая их в том, что запись музыкального произведения, собранная из кусков отдельных дублей и «дописок», отнюдь не лишена живого дыхания, раз *«в жизни так*

не было) (такой контраргумент иногда возникает в подобных беседах). Несложно приучить соратников к мысли о том, что результат художественной звукозаписи, равно как и результат звукомонтажа предпочтительней оценивать с иной позиции: а могло ли в жизни *быть так?*

И вряд ли некоторое ощущение «стерильности», сопровождающее большинство студийных фонографий, способно снизить их эстетическую ценность.

Приведу некоторые высказывания известного канадского музыканта и радиожурналиста Глена Гульда*.

«...монтаж вовсе не уничтожает общей линии, напротив, хороший монтаж создаёт хорошую линию, и уже не важно, используют склейки каждые две секунды или не делают ни одной в течение часа, лишь бы результат *производил впечатление*** связности».

«...никогда нельзя смонтировать стиль исполнения. Смонтировать можно лишь сегменты***, уже наделённые определённой стилистической концепцией, причём вопрос о том, предшествует она записи или вытекает из неё, не имеет большого значения. Важно лишь само *существование* концепции, но не *метод*, благодаря которому она появляется».

Основные принципы монтажа фонограмм

Прежде, чем режиссёр приступает к собственно звукомонтажу, он анализирует записанный материал, и, коллегиально или самостоятельно, отбирает из множества исходных вариантов фрагменты, лучшие в художественном и техническом отношении. При этом в нотах (речь у нас здесь пойдёт о монтаже музыкальных записей) делаются любые условные пометки, соответственно качеству материала и вероятным местам монтажных соединений.

Рассмотрим пример. При записи фортепианной сонаты № 3 Людвига ван Бетховена (оп. 31) было сделано три дубля первой части. Первый вариант оказался неудачным в музыкальном отношении, второй и третий дубли по выразительности устроили пианиста и режиссёра, но небольшие погрешности исполнения вызвали

* Цитируется по статье журнала «Музыкальная Академия», № 1 2002 г.

** Здесь и в следующей цитате — курсив Г. Гульда.

*** Так Г. Гульд называл монтажные куски, фрагменты записанного материала.

необходимость монтажа: так, во втором дубле, с конца первого такта наблюдалась неритмичность левой руки, а в третьем дубле, безукоризненном до самого конца *Allegro*, была пометка как раз в начале того же такта.

Л. ван Бетховен Соната № 3. Allegro

Пример 2.

Присутствующие в нотах стрелки, линии, номера дублей со значками «+» или «-» условно отображают эту ситуацию.

Принимая решения, звукорежиссёр учитывает совместимость монтируемых фрагментов по некоторым формальным признакам: темповым, динамическим, звуковысотным; сколь бы привлекательным ни казалось концептуальное единство разных дублей, отличия в указанных обстоятельствах могут сделать монтаж нежелательно заметным. Особенного внимания требуют записи музыкальных инструментов со свободным интонированием, вокальных *solo*, хоров *a'capella*.

Независимо от того, как делается соединение («склейка») монтажных кусков, этой операции предшествует поиск так называемых монтажных точек уже на самой фонограмме. В былые годы, при воспроизведении магнитной записи с ручным возвратно-поступательным движением ленты вдоль магнитной головки находили место, соответствующее атаке отыскиваемого звука. Постепенно снижая скорость перемещения, и сокращая воспроизводимый «вперед-назад» участок ленты, нужную точку фиксировали и отмечали

карандашом. Достойны описания впечатления, которые оказывает при таком поиске звучание, когда темп и высота его произвольно меняются. Пока длина движимого рукой отрезка ленты значительна, а скорость близка к номинальной, слуховое восприятие не вызывает проблем. Но к концу поиска скорость перемещения теперь уже крохотного участка фонограммы падает настолько, что слышен почти монотонный гул, в сути которого новичку разобраться сложно. И здесь не стоит пытаться понять, что за нота сейчас воспроизводится. Необходимо сориентироваться на малейшем изменении характера гула — это и есть атака очередного звука, это и есть искомая точка.

При таком, физическом способе монтажа, долгие годы употреблявшимся в студийной технологии, после поиска монтажных точек две ленты совмещались, разрезались и склеивались, как показано на иллюстрации 10-22.

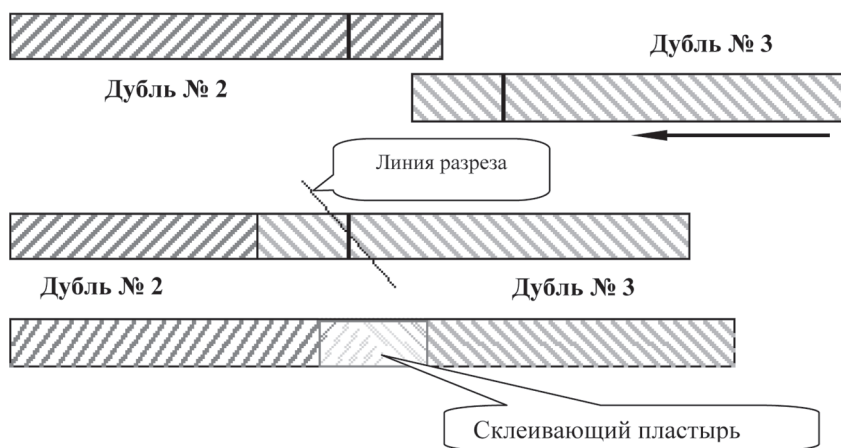


Иллюстрация 10-22

Срез лент, как правило, производился под углом $\approx 45^\circ$. Если магнитная фонограмма была выполнена при скорости движения ленты, равной 381 мм/сек., то у такой «косой» склейки существовал плавный переход от дубля к дублю, продолжительностью ≈ 15 мсек., что делало её технически бесшумной. Разумеется, указанный угол варьировался, но резать ленту перпендикулярно её краю не рекомендовалось, ибо малейшая неоднородность записей на стыке, резкий фазовый сдвиг сигналов, близких к тональным или

воздушный зазор между двумя участками магнитограммы могли быть услышаны как помеха — стук или щелчок.

Обычно, при простом соединении «в непрерывный кусок» двух дублей единого фрагмента, монтажные точки у них находятся в строго аналогичных местах. В этом — одна из гарантий незаметности стыка. Но в художественных целях такое правило иногда сознательно нарушают. За счёт неодинаковости положений монтажных точек удаётся откорректировать ансамблевые неточности, изменить длительность ферматы, сделать искусственную репризу или купюр, т. п.

Предположим, например, что по какой-то причине в записи отрывка из оперы Р. Вагнера «Золото Рейна» необходимо выполнить монтаж, как показано в следующем примере.

The musical score is divided into two sections by a vertical line. The left section is labeled "Р. Вагнер" and the right section is labeled "«Золото Рейна»". The instruments listed are 2 Ob., Engl. Hrn., 3 Klar. in A, Basskl. in A, and Horn in F. The time signature is 3/4. The key signature has three sharps (F#, C#, G#). The left section ends with a measure marked "+1" and a dotted line. The right section begins with a measure marked "+4" and a dotted line. The music is in a 3/4 time signature. The left section shows the beginning of a phrase, and the right section shows the continuation. The instruments are marked with dynamics: p (piano) and pp (pianissimo). The English Horn part has a note marked with a circled 'h'.

Пример 3.

Однако, и в первом и в четвёртом дублях валторна в третьем такте начинает звучать чуть раньше гобоя и английского рожка,

и этот неудачный ансамбль нарушает строгость фактуры, на которой исполняется соло скрипки (в нотах её партия условно не приводится).

При поиске монтажной точки в первом дубле можно ориентироваться на «фальстарт» валторны, а для продолжающего, четвёртого дубля, — на чёткую вертикаль деревянных духовых. Если стык окажется незаметным в отношении других голосов, в частности, солирующей скрипки, такой монтаж будет оптимальным.

Физическая простота монтажа магнитных фонограмм, пришедших на смену фотографическим, несколько десятилетий имела широчайшее распространение в профессиональной записи любых музыкальных видов. Огромный опыт мастеров демонстрировал великолепные фонографии, изобилующие звукомонтажом, который если и был замечен, то лишь как художественный акт. Тем не менее, этот опыт не смог преодолеть сугубо технические ограничения монтажных средств: на стыках разных дублей записи все необходимые коррективы динамического, спектрального и пространственного характера нужно было делать при дополнительной переписи смонтированного материала. После неудачных склеек ленты с фонограммами не всегда хорошо восстанавливались в оригинальном виде, да и сами процедуры монтажа оказывались не слишком оперативными.

С развитием цифровой звукотехники появилась возможность монтировать фонограммы, не прибегая к ножницам и клею. На цифровом аппарате записи монтажная структура «собиралась» путём последовательного копирования фрагментов оригиналов, воспроизводившихся другими синхронно работающими цифровыми магнитофонами. Стыки монтажных кусков выполнялись автоматически, электронным путём, причём аппаратура позволяла проводить репетиции «склеек», а также регулировать при переписи уровень воспроизведения каждого очередного фрагмента и время его плавного соединения с соседними, так называемый *crossfade*, аналог угла наклона физической склейки (см. иллюстрацию 10-22). Считалось, что техническое качество фонограммы при копировании внутри цифрового тракта не ухудшается, и это подтверждали первые звукомонтажные станции формата «**U-matic**».

Однако и здесь творческие возможности были весьма ограниченными, и только с появлением персональных компьютеров открылась новая эра в технологии фонографического монтажа,

чьё название — лишь дань традиции, ибо собственно монтаж, то бишь, «склеивание» — это малая часть тех средств, которыми сегодня вооружён звукорежиссёр для выполнения огромного числа задач по окончательной отделке фонографий.

Редактирование звукового материала на базе компьютерных звуковых станций

Пользовательская конфигурация и интерфейс лучших компьютерных аудиоредакторов восходят к традициям звукомонтажа, сформированным за долгие годы существования фонографии. Сегодня существует огромное количество программных обеспечений, где потрясающая фантазия программистов вызывает восторги пользователей по поводу причудливых расцветок звуковых фрагментов, форм органов управления на дисплее, экзотических операций с файлами, но при этом может отсутствовать какая-нибудь важная функция из семейства монтажных, что препятствует профессиональному использованию программы. С другой стороны, есть программные обеспечения узкоспециального назначения, пусть и не обладающие широким набором современных компьютерных средств для обработки звуковых файлов, но блестяще реализующие все операции по звукомонтажу. К числу таковых автор относит, в первую очередь, программное обеспечение американской звуковой компьютерной станции «**Wave Frame**», разработанной опытным звукорежиссёром совместно с программистом, сумевшим перевести на формальный язык компьютера необходимые практические задачи самого глубокого свойства. По своим монтажным возможностям к «**Wave Frame**» приближается рассмотренный выше аудиоредактор «**Samplitude PRO**».

Механические операции при звукомонтаже, — разрезание и склейка фонограмм, — сообщили ему название *разрушающий* или *деструктивный монтаж*. Запись звука на жёсткий диск персонального компьютера (ПК) позволяет, не реконструируя файл, составлять монтажную структуру воспроизведения, обращаясь только к временным координатам. Любые операции, связанные с обработкой звука, также до поры до времени не изменяют исходного материала, ибо процессор ПК, как и процессор звукового устройства,

используют буферную информацию или промежуточные файлы временного хранения. Такое редактирование звуковых программ получило название *неразрушающего, неdestructивного*.

К сказанному относится серия иллюстраций.

Пусть файлы 1–3 соответствуют трём дублям записанного произведения. Точная временная адресация, так сказать, «привязка» файлов к жёсткому диску в компьютерах является строго детерминированной информацией, несмотря на то, что её следует считать условной, ибо на самом деле координаты имеют другое измерение (иллюстрация 10-23).

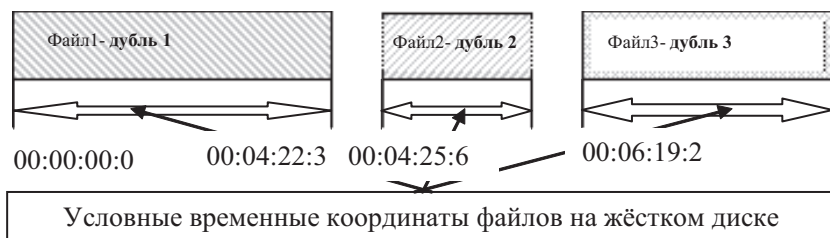


Иллюстрация 10-23

Предположим теперь, что в результате анализа материала для монтажа из каждого дубля отображены какие-то фрагменты; для компьютера монтажная структура может быть адекватна следующей записи:

- Первый кусок — от временной позиции 00:00:00:000 до временной позиции 00:00:55:020.
- Второй кусок — от 00:05:20:600 до 00:05:35:850.
- Третий кусок — от 00:01:10:270 до 00:03:30:110
- Четвёртый кусок — от 00:09:49:334 до 00:10:41:529, что соответствует иллюстрации 10-24.

Последовательно воспроизводимое звучание можно отразить иллюстрацией 10-25.

Исходная звуковая информация остаётся полной в пределах файлов записи, и в случае необходимости может быть использована многократно.

Разумеется, звукорежиссёр при монтажной разметке исходного материала не должен заниматься арифметическими вычислениями и переводом композиционных вех во временные координаты, — это дело компьютерных программ, сообщающих процессору

обо всех разделах файлов, где должна состояться «склейка» или начаться новый редактируемый участок записи.

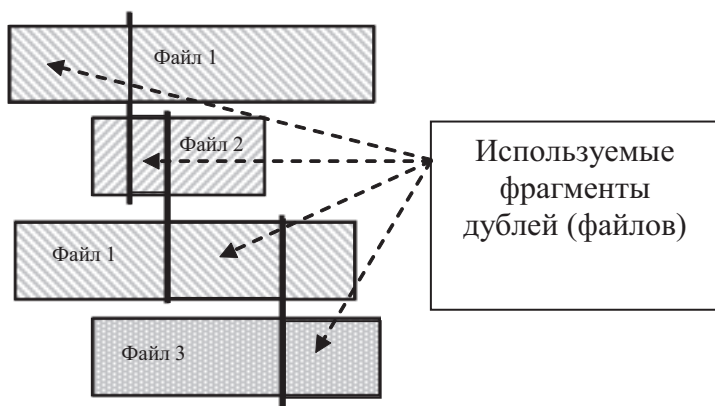


Иллюстрация 10-24

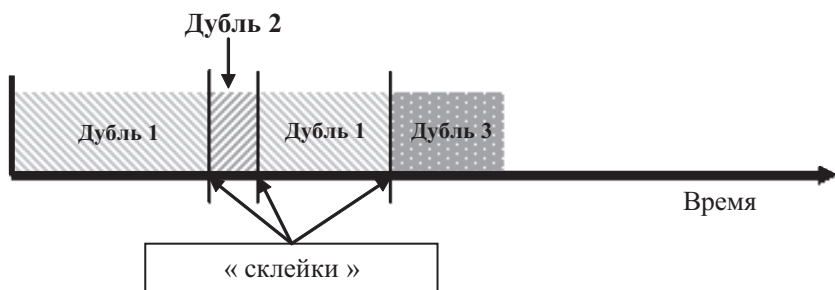


Иллюстрация 10-25

В иностранной технической литературе в своё время бытовало выражение *not line*, что могло звучать на русском, как **непрямой**, и вполне отвечало бы характеру процессов. Но с лёгкой руки переводчика, знакомого со спецификой вопроса, очевидно, понаслышке, распространилось выражение **нелинейный монтаж**, и это многих повергает в недоумение. Действительно, о какой нелинейности здесь может идти речь? Если ассоциировать эту формулировку с нелинейными аналого-цифровыми преобразованиями, то таковые происходят ещё до стадии монтажа.

Поиск актуальных (монтажных) точек

Традиционный способ поиска интересующей нас точки фонограммы в компьютерных технологиях имеет свой аналог, именуемый операцией «**SCRUB**» (букв. *тереть, скрести*), выполняемый с помощью манипулятора «мышь», однако, в подавляющем большинстве программ, содержащих эту функцию, процедура поиска невероятно сложна, а подчас вовсе нерезультативна, и лишь невнятное звучание с переменным темпом и высотой намекают на её потенциальные возможности. Дело в том, что если движения «мыши» подобны небольшим ручным перемещениям магнитной ленты вдоль головки воспроизведения, то высота и темп должны быть пропорциональны скорости перемещения, а при остановке манипулятора звука не должно быть вовсе. Именно так реализована функция «**SCRUB**» в звукомонтажной станции «**Wave Frame**» и в аудиоредакторе «**Samplitude PRO**». А в некоторых компьютерных программах темп, высота и направление звучания зависят от того, в какую сторону и насколько сместился курсор на дисплее от своего начального (*absolute scrubbing mode*) или предыдущего (*relative scrubbing mode*) положений. Наверное, ко всему можно привыкнуть, но как избавиться от недоумения, когда функционирование «**SCRUB**» существенно зависит от масштаба изображения на экране монитора, а при остановке «мыши» звук не прекращается немедленно?

Если программа «**Wave Frame**» изображала на дисплее звуковые файлы в виде прямоугольников, как на иллюстрации 10-23, то современные компьютерные аудиоредакторы предлагают иную формальную модель звукового сигнала, вид которой связан с масштабом по горизонтали — от интегральной огибающей (иллюстрация 10-26) до осциллограммы (иллюстрация 10-27). И поскольку графика, полагают программисты, адекватно иллюстрирует слышимое, то нет необходимости в качественной операции «**SCRUB**», это-де функция вспомогательная. Искомые атаки звуков, мол, отлично видны!

Действительно, поиск актуальных точек фонограммы «на слух» — удел профессионалов, а современное программное обеспечение ПК ориентировано на массового пользователя. Но если изображение огибающей позволяет безошибочно идентифицировать звуковые атаки в соло ударных инструментов (см. иллюстрацию 10-28), то как искать их, к примеру, в негромком контрапункте

виолончелей при насыщенной оркестровой фактуре (иллюстрация 10-29)?

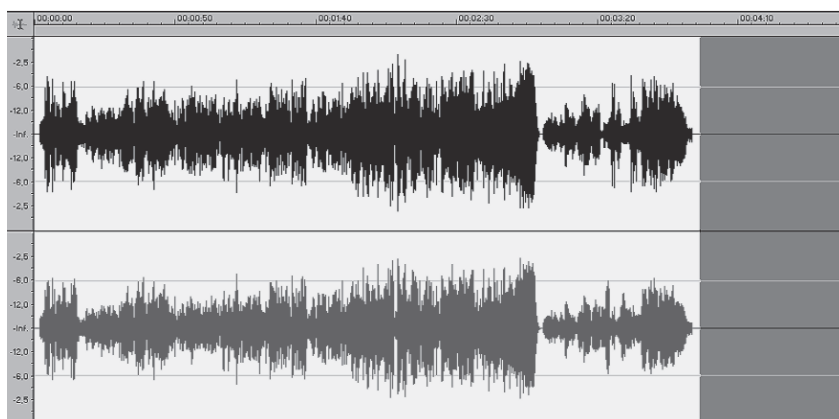


Иллюстрация 10-26

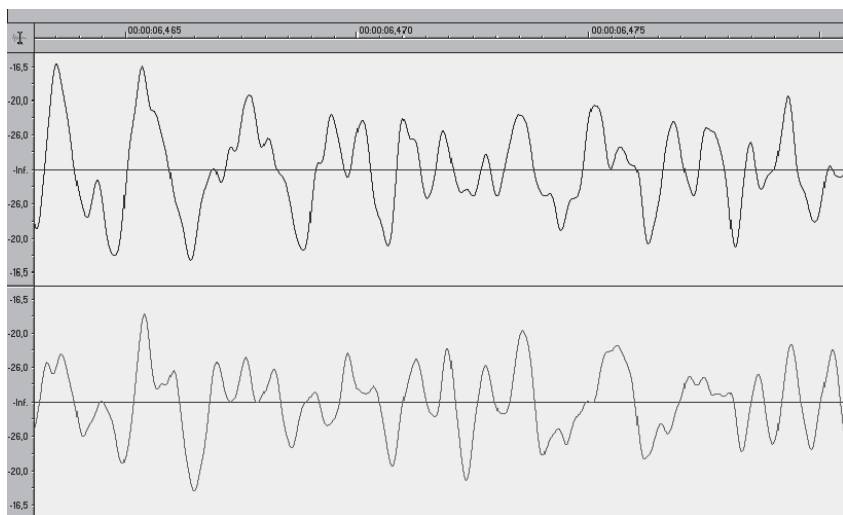


Иллюстрация 10-27

Впрочем, из любого положения есть выход. Поиск монтажной точки увенчается успехом, если 1-2-секундную область её нахождения воспроизводить циклически (**LOOP**) с половинной скоростью. Транспонирование звучания на октаву вниз у людей с музыкальным слухом не вызывает проблем восприятия, а малая

скорость позволяет легко скоординировать видимое перемещение курсора со всеми деталями рисунка звуковой огибающей. Одна из этих деталей наверняка будет соответствовать искомой точке.

Каждая актуальная точка помечается маркером. Пара точек 1-2 ограничивают в монтажной структуре область (см. иллюстрацию 10-30), где может быть выполнена та или иная операция.

Способы установки маркеров, как и способы выделения монтажных областей в каждой программе свои, и сведения об этом содержатся в справочных руководствах аудиоредакторов.

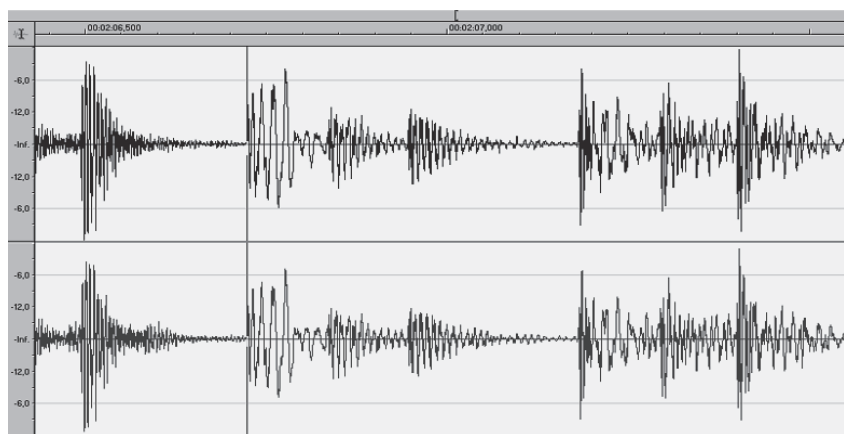


Иллюстрация 10-28



Иллюстрация 10-29

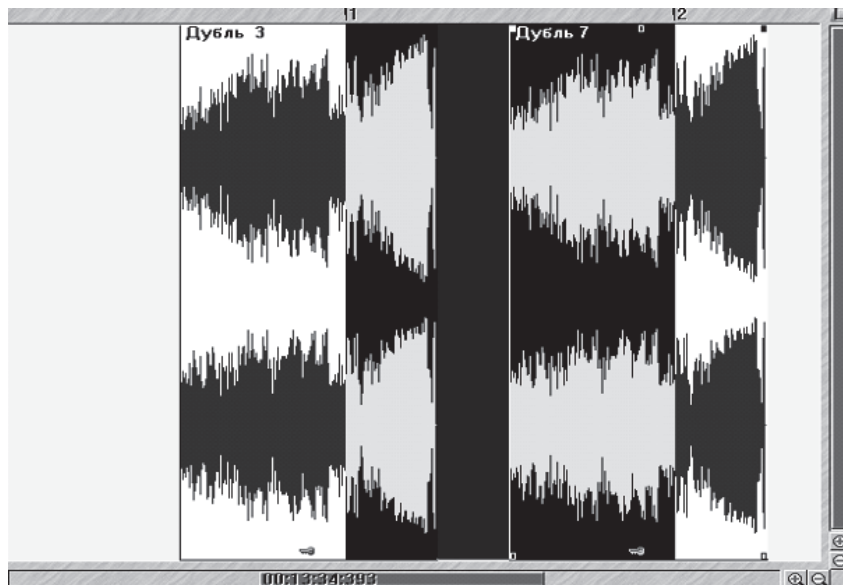


Иллюстрация 10-30

Операции с выделенными областями

В число основных монтажных функций в компьютерных программах входят копирование, удаление, очистка и размещение тех или иных отрезков временной структуры, соответствующих фрагментам звуковых файлов.

Для выполнения какой-либо операции некоторые программы требуют создания так называемых *объектов* монтажной структуры, иным достаточно просто выделенной области (*region, range*).

Функции копирования в буферную память (**COPY**) и размещения (**PASTE, INSERT**) являются стандартными для ПК, и в подробных комментариях не нуждаются. Заметим разве, что в одних аудио редакторах операции **PASTE** и **INSERT** равнозначны, и копия необходимого отрезка располагается в монтажном поле, начиная от позиции курсора, независимо от того, свободно или занято временное пространство, в других же программах действием **PASTE** мы заменяем прежний фрагмент записи (или паузу) на содержимое буфера, тогда как операция **INSERT** «вставляет» сделанную копию, перемещая следующие участки (объекты) вправо на её длину.

Специфика работы различных программ предлагает звукорежиссёру создать индивидуальные алгоритмы монтажа. Так, например, замещение (**PASTE**) выделенного куска в монтажном поле одного дубля предварительно сделанной копией аналогичного фрагмента другого дубля — это «исправление» неудачно сыгранного эпизода. А операция **INSERT** может реализовать искусственную репризу, если по каким-то причинам она не была исполнена.

Функции **CLEAR**, **DELETE** или **MUTE** — создают паузу вместо выделенного участка монтажного поля.

Надо сказать, что стык звукового материала с «цифровой» паузой всегда обращает на себя внимание, даже если она соседствует с паузой акустической, ибо последняя, в отличие от программной, всегда содержит хоть ничтожный шум. Чтобы стыки участков записи с «мёртвыми» паузами были менее заметными, их границы не делают скачкообразными. Благодаря функциям **FADE IN** и **FADE OUT** у монтажных отрезков или полных звуковых файлов могут быть образованы плавные начала и окончания:

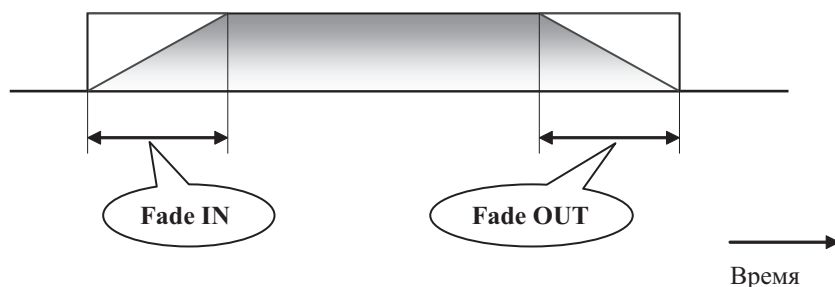


Иллюстрация 10-31

В соответствии с иллюстрацией 10-31, под параметром **FADE IN** следует понимать *время*, в течение которого уровень передачи звука достигает номинального, а **FADE OUT** — это *время*, за которое уровень спадает от номинального до «мёртвой» паузы.

Здесь приведена линейная форма изменения уровня звукопередачи. В программах аудиоредакторов она может выбираться из следующего числа: линейная в линейном масштабе времени, линейная в логарифмическом масштабе времени, логарифмическая, антилогарифмическая, синусно-косинусная. Звукорежиссёр может не вдаваться в математические подробности — изучив характер

звучания переходных участков для разных форм, впоследствии легко делать необходимый выбор.

Большинство программ создают области **FADE IN** и **FADE OUT** автоматически, со временем, заданным «по умолчанию» (**DEFAULT FADE TIME**). Иногда переходные участки надо формировать произвольно.

Операция удаления выделенного монтажного участка с автоматическим соединением образовавшихся соседних областей (объектов) есть то, что в обиходе называется «склейкой». В компьютерных программах эта функция именуется словом **CUT**.

Если на иллюстрации 10-30 монтажные точки **1** и **2** соответствуют одинаковым по звуковому тексту моментам в третьем и седьмом дублях записи, то после операции **CUT** всё, что было до точки **1**, останется в прежнем положении, а материал, простиравшийся правее точки **2**, с удалением выделенного участка переместится «влево», примкнув к позиции **1**. Таким образом, начало отмеченного фрагмента седьмого дубля станет продолжением третьего.

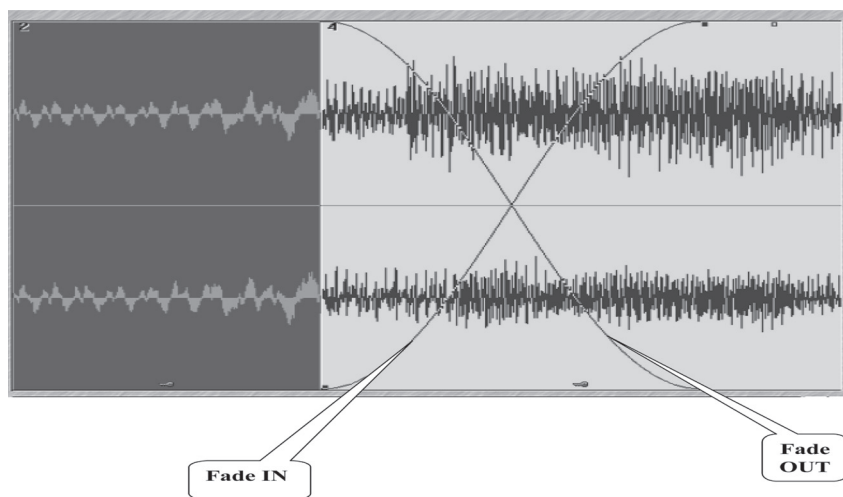


Иллюстрация 10-32

В принципе, программы аудиоредакторов позволяют «склеивать» разные куски звукового материала встык (вспомним перпендикулярную склейку в комментарии к иллюстрации 10-22). Но для полной технической незаметности такого соединения необходимо, чтобы осцилляции сигналов в обоих кусках на стыке абсолютно

совпадали по амплитуде, фазе и величине производной. Эти условия выполнимы, пожалуй, лишь для идеальной паузы, а монтировать фонограммы приходится внутри звучания. Для устранения проблемы операция **CUT** соединяет фрагменты записи с плавным переходом от одного к другому (иллюстрация 10-32). Такой переход, как мы уже знаем, называется **CROSSFADE**; по сути, он совмещает на одном и том же временном участке ветви **FADE OUT** заканчивающегося фрагмента и **FADE IN** начинающегося.

Соединение монтажных кусков на иллюстрации 10-32 соответствует так называемому *симметричному crossfade*, где форма и продолжительность ветвей **FADE IN** и **FADE OUT** — одинакова. Такие переходы от дубля к дублю существовали в традиционном механическом монтаже почти повсеместно. Компьютерные же аудиоредакторы позволяют устанавливать параметры перехода произвольно. При этом появляется возможность делать «наплывы» одного звука на другой, когда длительность убывающей ветви существенно превосходит длительность нарастающей. Часто подобное соединение помогает создать иллюзию непрерывности на стыке двух фрагментов, записанных раздельно, вопреки необходимости сиюминутного исполнения.

Рассмотрим пример. При записи «**Agnus Dei**», одной из частей католической мессы П. Хиндемита, сложнейшая полифоническая ткань вызывала у хористов серьёзные проблемы интонации, во избежание которых режиссёр и дирижёр приняли решение вести запись фрагментарно, хотя в музыкальном отношении далеко не все разделы были очевидны. В частности, двойная черта перед 64 тактом отнюдь не означала генеральную паузу, и следующий эпизод, отмеченный авторской ремаркой *текуче, торжественно*, должен был звучать воедино с предыдущим.

Идея состояла в следующем: пение этого произведения небольшими частями связано с меньшим риском хоровой расстройкой; всякий раз, начиная новый эпизод, звуковысотные положения уточнялись по камертону. И, поскольку профессионализм хорового коллектива не оставлял сомнений в концептуальном единстве исполнения, можно было не опасаться, что после какого бы то ни было монтажа у слушателя возникнет ощущение мозаичной фрагментарности.

При разделённой записи необходимо было выполнить три условия. Первое — музыкального свойства: окончание каждого куска не должно исполняться как окончание произведения. Два других —

сугубо технологические: вдох в начале фрагмента должен быть коротким, а искусственная пауза в конце фрагмента — лишена посторонних шумов.

Для монтажа такого материала был применён *несимметричный crossfade*. Реверберационный отзвук предыдущего куска (в нашем примере — конец 63 такта партитуры) сохранился при большом значении **FADE OUT**, тогда как на его фоне монтажная атака следующего эпизода (64-й такт) была короткой. Таким образом, единство времени восстановилось.

Надо сказать, что если программное обеспечение не позволяет создавать несимметричные переходы на стыках монтажных кусков, то наплывы осуществляются размещением соединяемых фрагментов на разных виртуальных дорожках монтажного поля (см. иллюстрацию 10-33).

Несимметричный *crossfade* часто используется для «смягчения склейки», если какие-нибудь свойства звука на стыке разных дублей оказываются неодинаковыми. А минимизация *crossfade* иногда применяется звукорежиссёрами в художественных целях: «короткие склейки» утрируют атаки в музыкальных звучаниях.

Если же необходимость в несимметричном переходе отсутствует, то длительность параметра *crossfade* может регулироваться с автоматическим сохранением симметрии*: достаточно изменить на стыке двух монтажных кусков значение **FADE IN** (для последующей ветви) или **FADE OUT** (для предыдущей), как сопряжённый параметр увеличится или уменьшится в той же степени.

Возвращаясь к вопросу о поиске монтажных точек, заметим, что «неслышная склейка» не всегда получается в месте, кажущемся очевидным, в точке, где яркие атаки звуков не вызывают проблем в их нахождении, как по рисунку огибающей, так и в режиме *scrub*. Нужно учитывать психологию восприятия любой ритмизованной информации: *наше подсознательное внимание всегда возрастает в сильной доле ритмической последовательности, или даже её кратной части, и рассеивается к концу слабой доли*. Иными словами, «склейку» лучше всего делать там, где её никто не ждёт.

В приведенном примере № 5 (фрагмент из прелюдии *cis-moll* Сергея Рахманинова, соч. 3, № 2) «стык» на начале 3 такта

* Таковую возможность, в частности, предоставляет аудиоредактор «**Samplitude PRO**» при включении функции **AUTOCROSSFADE**.

64 Fließend, feierlich

Место предполагаемого монтажа

(для упрощения словесный текст не приводится)

Пример 4.

представляется совершенно тривиальным. Но можно убедиться на практике, что монтаж в точке, обозначенной в нотах, окажется для восприятия более «стерильным».

При определении места «склейки» следует учитывать громкость педализированных звучаний, в особенности, когда они, как у фортепиано, затухают естественным образом. Так, если в случае, подобном следующему примеру (эпизод из фортепианной пьесы Ж.-Ф. Рамо «Тамбурин») необходим монтаж, то предпочтительней, если левая рука пианиста в куске после стыка окажется менее активной, чем в куске до стыка: в противном случае скачкообразное

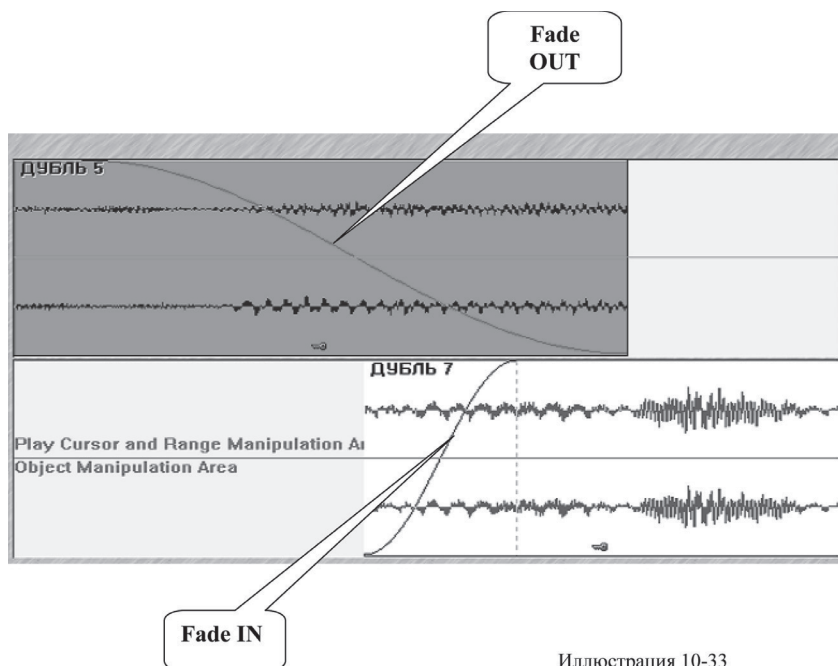


Иллюстрация 10-33

увеличение громкости затухающего аккорда всегда будет заметно, поскольку это противоречит натуральной акустике. А вот незначительное снижение громкости педали на склейке в определённых пределах возможно, ибо наша психоакустическая память, воспринимая звуковое затухание, не может с абсолютной точностью прогнозировать его математическую функцию, следовательно, допускает какие-то отклонения от экспоненциальных акустических законов, если при этом не нарушается собственно процесс затухания.

С. Рахманинов. Прелюдия до-диез минор

Пример 5.



Пример 6.

§ 10-4. Монтажная организация в звукозаписи

Можно указать на три преимущественных вида организации монтажных структур в аудиоредакторах ПК и соответствующие им методы проведения звукозаписи.

Последовательный монтаж. Анализируются несколько дублей записанного произведения, из которых отбираются фрагменты, оказавшиеся сравнительно лучшими во всех отношениях. Копии этих фрагментов, взятые «с захлестом», то есть с расширенной областью, размещаются в монтажном поле в нужной хронологической последовательности, после чего производится точный поиск монтажных точек и собственно склеивание (смотри иллюстрации 10-23÷10-25).

Разновидностью последовательного монтажа является описанное выше соединение «с наплывами» фрагментов записи, выполненной с искусственными разделами музыкального материала.

Исполнение звукового произведения на записи несколькими полными дублями и «дописками» к ним для многих артистов почему-то представляется совершенно очевидным. Пожалуй,

единственный аргумент, подтверждающий справедливость такого подхода к делу — это то, что при подобной организации работы внутренняя динамика, смена темпов и эмоциональных состояний в пределах единого дубля наиболее точно и естественно соответствуют исполнительской концепции. Но нужно учитывать, что перерывы между записями отдельных дублей, когда происходит прослушивание материала, а затем следует, пусть небольшой, но отдых, могут привести к заметному отличию, в целом, следующего дубля от предыдущего, притом что и его художественная внутренняя структура также окажется логичной.

Эта разница может стать препятствием в монтаже, необходимость которого продиктована технологическими погрешностями исполнения или неточностями в изложении авторского текста. Чередование фрагментов разных дублей в таком случае может разрушить концептуальное единство звукового произведения. И далеко не всегда мастерское умение звукорежиссёра откорректировать динамику и темп при монтаже способно исправить положение.

В связи с этим появилась другая идея организации процессов записи и монтажа — **монтаж с исключениями**. Запись ведётся как бы одним дублем, без больших перерывов, без регистрации различных вариантов, но всякая неудача исправляется тотчас же, переигрыванием (пересказыванием, в случае речевых жанров) того эпизода или его части, где был дефект. Разумеется, это делается с определёнными, иногда специально оговариваемыми, «захлёстами».

При монтаже звукорежиссёр исключает ненужный повтор заодно с ущербным моментом (иллюстрация 10-34). Иллюзия непрерывности исполнения гарантируется тем, что из-за отсутствия антракта артисты уверенно сохраняют художественные сиюминутные ощущения.

Некоторые исполнители не сразу соглашаются на такой способ работы из-за его непривычности. Но, единожды попробовав, много и не мыслят.

Если подобным способом организуется запись хора *a'capella*, то звукорежиссёр обязан контролировать не только темп исполнения, но и звуковысотное положение. Автор использует для таких случаев «подсказку» в виде оперативной трансляции в тонателе кусочка фонограммы эпизода, предшествующего остановке. Серьёзной ошибкой может оказаться настройка хора по камертону перед продолжением этой псевдонепрерывной записи, ибо если

такая коррекция высоты звука приведёт к её смещению хотя бы на 1/8 тона по сравнению с предыдущим фрагментом, то скрыть последующий монтаж от музыкального уха не удастся.

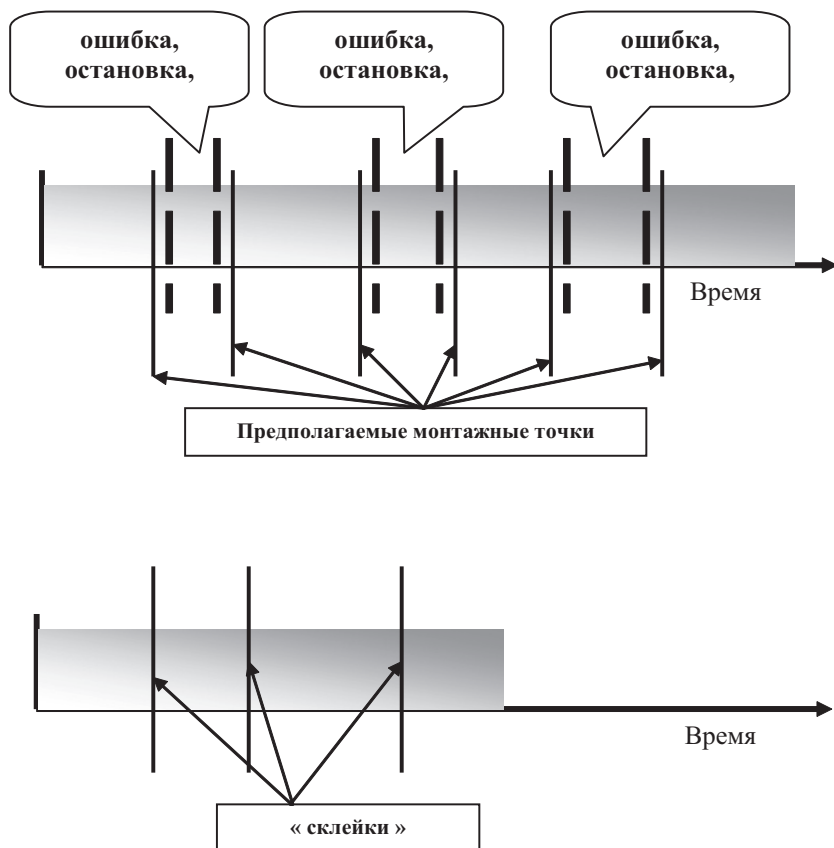


Иллюстрация 10-34

Воздавая должное артистам, чей высокий профессионализм позволяет записать звуковое произведение «с одного-двух дублей», скажем о существовании **монтажа со вставками**. Дубль записи, удачный во всех отношениях почти полностью, считается основным, и лишь минимальное число эпизодов в нём может быть заменено аналогичными кусками из другого дубля. Некоторые программы аудиоредакторов позволяют делать такие вставки в полуавтоматическом режиме, когда не нужно заботиться о соответствии продолжительности заменяемого и замещающего отрезков.

В противном случае операция замены производится в несколько этапов: из основного дубля удаляется точно ограниченный неудачный фрагмент, в точку его начала вставляется копия нужного куска иного дубля; при этом вторая граница «очищенного» участка смещается в монтажном поле вправо, уступая место вставке любой длины. И последняя склейка удаляет образовавшийся зазор между окончанием замещающего куска и продолжением основного дубля.

Поскольку выбор технологии монтажа определяется стилем работы режиссёра, возможностями оборудования, привычками артистов и спецификой звукового материала, то стратегические соображения необходимы уже на стадии подготовки к записи, чтобы последняя была организована соответствующим образом. Это обеспечит минимальную утомляемость исполнителей, и целесообразный расход студийного времени.

§ 10-5. Редактирование смонтированного материала

Наиболее часто встречающаяся в монтажных стыках проблема — громкостное выравнивание. Нет ничего странного в том, что при записи отдельных дублей артисты не могут с большой точностью контролировать их взаимное динамическое соответствие. Поэтому приходится «подгонять» уровень звучания соединяемых кусков. Компьютерные программы аудиоредакторов позволяют делать это одним из трёх способов:

1. Если один из монтажных отрезков оказывается в равной степени громче (тише) обоих соседних, то уровень его воспроизведения корректируется одинаково на всей длине фрагмента (иллюстрация 10-35).

2. Если громкость звучания монтажного куска заметно отличается от соседней только на одном из стыков, то возможно введение начальной или конечной (для данного фрагмента) поправки уровня воспроизведения. При этом компьютерная программа автоматически регулирует плавное изменение громкости на участке между скорректированной и некорректированной границами (иллюстрация 10-36).

3. Последний способ отличается от предыдущих тем, что степень и характер изменения громкости устанавливается произвольно, вручную. Кривая регулирования буквально рисуется на

изображении огибающей звукового сигнала, либо она отражает перемещения движка программного регулятора уровня воспроизведения (иллюстрация 10-37).

Разумеется, такую регулировку применяют не только к ограниченному фрагменту, но и ко всей монтажной структуре. Таким образом, звукорежиссёр получает возможность гибкого влияния на динамику записанного произведения.



Иллюстрация 10-35

Надо сказать, что искусственные *crescendo* и *diminuendo* не вполне адекватны естественным, ибо последним сопутствуют ещё и тембральные изменения звучаний. Поэтому указанные звукорежиссёрские манипуляции уместны лишь как способ подчеркнуть, усилить то, что хоть намёком уже заложено в музыкальном исполнении. Тогда, по меньшей мере, работа технического устройства не будет бросаться в глаза (в уши), и это совершенно справедливо для записи академических произведений.

Но художественная убедительность требует забыть о догмах и запретах. Поэтому всегда приемлемы драматургически оправданные действия, яркий результат которых может и не иметь натуральных аналогий. Так, например, ни с чем не сравнимым будет *crescendo* на длительном затухающем звуке фортепианного аккорда. Разве это не допустимо в импрессионистской музыке?

Кроме громкостных изменений, компьютерные станции позволяют уже во время проведения звукомонтажа выполнять коррекцию спектральных характеристик материала, как по всей его длине, так и фрагментарно, для каждого из выделенных объектов (см. § 10-2).



Иллюстрация 10-36

При достаточной мощности компьютера частотные фильтры могут работать в режиме реального времени, и результат коррекции оценивается немедленно. Кроме того, при монтаже могут быть подключены любые *plug-ins*; часто используются средства звуковысотной коррекции (*Pitch Shift*) и изменения продолжительности звучания без транспонирования (*Stretch Length*). Последнее бывает необходимо, когда два стыкующихся монтажных куска не совпадают по темпу.

Как уже говорилось, некоторые *plug-ins* могут плохо действовать в реальном времени воспроизведения, поэтому результат обработки можно проверить на небольшом отрезке записи, и лишь

затем применить её к любому выделенному куску, как и ко всему монтажному полю, путём операций типа **rendering** или **bouncing**. Сложности возникают ещё и оттого, что в процессе настройки параметров обработки звука нельзя одновременно управлять даже хотя бы двумя виртуальными устройствами, между тем, как художественный эффект часто зависит от их взаимовлияния. Эти обстоятельства иногда действуют удручающе, но, во-первых, ко всему можно привыкнуть, во-вторых, есть надежда, что в самом ближайшем будущем ситуация ощутимо улучшится, ибо компьютерная звуковая техника развивается очень бурно. А пока можно призвать коллег употребить своё воображение и волю, и не отказываться от обилия сегодняшних возможностей, предоставляемых компьютерной техникой.

Операции **rendering** или **bouncing** создают новый единый звуковой файл, полностью отвечающий всей монтажной структуре, применённым коррекциям и специфической обработке. После того, как подобным образом подготовлены все входящие в программу записи, их размещают в нужной последовательности в новом едином окне аудиоредактора для выполнения последних процедур, предшествующих изданию. Совокупность этих процедур в фонограммной технологии носит название «**премастеринг**».

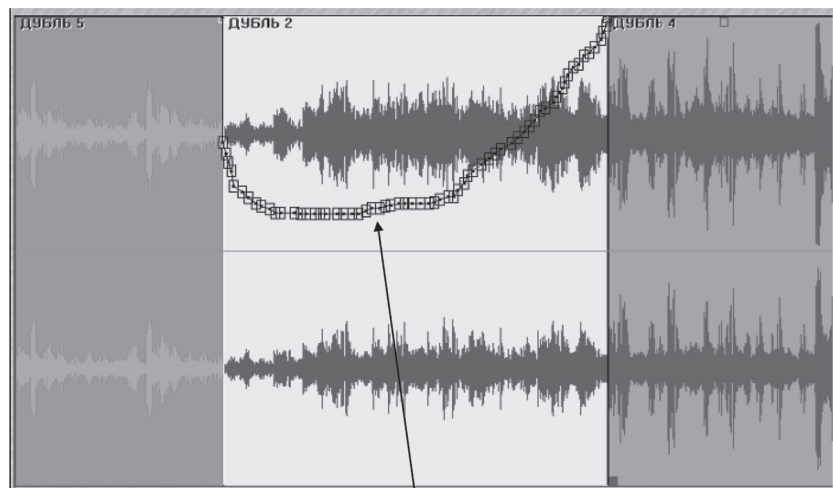


График изменения уровня воспроизведения

Иллюстрация 10-37

Глава 11.

РЕСТАВРАЦИЯ АРХИВНЫХ ЗАПИСЕЙ. ПРЕМАСТЕРИНГ ФОНОГРАФИЙ

На протяжении ранних десятилетий своего существования звукозапись уже оставила потомкам множество акустических портретов музыкантов, артистов, поэтов. Грампластинки конца XIX — начала XX веков, фотографические фонограммы кино и первые, ещё несовершенные, записи на магнитных лентах в изобилии представляли знаменитых певцов, пианистов, скрипачей, ансамбли и оркестры, на примерах которых учатся наши современники. Голоса мастеров сцены, стихи и проза, звучащие в исполнении их авторов, — всего не перечислишь!

К сожалению, старые записи, особенно, созданные в эпоху грампластинок, не сохранили фонограммных оригиналов, не изношенных многократной эксплуатацией, подобно тиражным копиям. Да и то, что было сделано для звукового кино, даже в первичных записях изобилует огромным количеством дефектов, сильно мешающих прослушиванию.

Во второй половине прошлого столетия начались попытки сохранения фонографических памятников. Посильные способы фильтрации, в лучшем случае, динамической, от шума звуконосителя, когда спектр сигнала ограничивался в высокочастотной области, механическое удаление (буквально, вырезание) щелчков в грамзаписи, перенесённой на магнитную ленту, — вот, пожалуй, весь арсенал средств тогдашних реставраторов. Но даже эти примитивные, по сегодняшним понятиям, действия дали грандиозные результаты: с новых, теперь уже долгоиграющих, пластинок и магнитных компакт-кассет зазвучали голоса Энрико Карузо и Фёдора Шаляпина, мы услышали игру юных Сергея Рахманинова и Владимира Софроницкого. Поклонники джаза познакомились с традиционными ансамблями Чикаго начала века, и оркестр Глена Миллера зазвучал теперь не только с экрана кино.

Современные методы компьютерной реставрации старых записей настолько несложны в работе, что ими с успехом пользуются

даже новички. Но, приступая к реставрационным процедурам, надо помнить: *мы занимаемся доступной очисткой фонограмм от дефектов, свойственных тому или иному способу звукозаписи, дефектов, нанесённых временем, — плохим хранением, небрежной эксплуатацией, т.п.*

Не следует думать, что речь идёт о «реанимации» объектов записи, и покорно принимать обвинения в свой адрес по поводу неудачных тембров, плохо переданной акустики помещения, нехороших балансов между инструментами в ансамбле. Конечно, существуют призрачные утверждения о том, что-де сложные компьютерные программы, используя статистические данные, способны полностью воссоздать голос давно ушедшего певца или звучание старого музыкального инструмента, и не дело дилетантов-звукорежиссёров браться за недоступные им действия. Это, мол, прерогатива профессиональных программистов.

К сожалению, ни лично мне, ни кому-либо из большого числа знакомых коллег пока не довелось услышать результат подобного «оживления».

Даже если предположить, что, к примеру, пение *solo* одного и того же артиста, исполняющего в огромном количестве старых изношенных грамзаписей разные произведения, может предоставить для машинно-математического анализа множественный вокальный материал, и электронно-вычислительные устройства определяют для этого певца вероятностные среднестатистические спектральные составы всех (?) его гласных и согласных звуков, то как можно синтезировать подлинное звучание голоса в бесконечном сочетании фонем, артикуляций, интонаций, выразительных нюансов, динамических оттенков и мелизмов, пусть даже техническое устройство и пытается на каждом шагу просто ликвидировать в обрабатываемой записи всё, что не имеет отношение к «базе данных», то есть искажения и помехи.

А как быть с инструментальным сопровождением, если такое имеется?

Ответов на эти вопросы пока нет. Конечно, надо верить в технический прогресс, и дай Бог, чтобы когда-нибудь перед нами возникли «живые звёзды» давно ушедших лет!

И тогда воспрянут «реаниматоры от живописи», и Мона Лиза во всей объёмной красоте сойдёт с полотна Леонардо. А пока художники-реставраторы очищают музейные картины от вековых

наслоений, заделывают трещинки, осветляют потемневшие краски, чтобы зритель, насколько это возможно, проникся ощущениями старых эпох и увидел лица, написанные пусть без фотографической точности, но с неповторимой одухотворённостью.

Так же и мы, работники звукового фронта, будем пока очищать архивные фонографии от налёта времени, чтобы слушатель, насколько это возможно, почувствовал ушедших мастеров музыки и драмы, и смог оценить, пусть в старых звучаниях, несовершенных по электроакустической технике, неподражаемое художественное величие.

§ 11-1. Дефекты архивных фонограмм

Наиболее распространённым дефектом для всех существовавших ранее способов записи звука является аддитивный, добавленный к полезному сигналу, шум, то, что в обиходе зовётся словом «шипение».

Причиной появления этой помехи, вдобавок к собственным шумам старых электроакустических устройств — микрофонов и усилителей, являются конечные размеры элементарных частиц звуконосителей и их неизоморфность. Самый точный термин, определяющий такую структуру, закрепился за фотографической (оптической) фонограммой, по родству с кино-фотоизображением, — «*зернистость*».

Хаотичное микроскопическое перемещение иглы граммофона, хаотичная модуляция читающего штриха в кинопроекторе, хаотичная ориентация доменов на магнитной ленте, приводящая к микротокам головки воспроизведения магнитофонов, даже от воздействия внешних постоянных магнитных полей вплоть до магнитного поля Земли, — всё это, после соответствующих электроакустических преобразований, воспринимается нашим слухом, как шум, существующий независимо от наличия или отсутствия полезного сигнала.

Как правило, спектр такого шума близок к «розовому», из-за потерь звуковоспроизводящих устройств на высоких частотах, хотя строгого математического сходства здесь нет. В магнитных и оптических фонограммах шум по уровню и характеру относительно постоянен. Что касается механической записи, то здесь существует

феномен, о котором следует не забывать во время очистки полезного звука от шума (см. ниже).

Скорость вращения грампластинки — величина постоянная (от 78 об./мин. для старых, шеллачных патефонных пластинок до 45, 33 или 16 об./мин. для так называемых «долгоиграющих*»). Но переменный радиус каждой очередной канавки постепенно уменьшает линейную скорость движения воспроизводящей иглы по зернистой структуре пластинки, и спектральные составляющие шума к концу проигрывания снижаются в высокочастотной области.

Кроме аддитивного шума, существует мультипликативный, или модуляционный шум, называемый иногда модуляционными искажениями. Его уровень зависит от спектра и величины полезного сигнала. Модуляция структурного шума и полезного сигнала здесь — взаимная. Такой непостоянный шум особенно характерен для фотографической фонограммы, сделанной по методу переменной плотности. Воспринимается он в виде звуковой каймы, обрамляющей, преимущественно, взрывные и свистящие согласные человеческой речи**. Но, поскольку согласные сами по себе являются артикуляционным «обрамлением» гласных, то и последние также подвергаются зашумливанию, причем тем сильнее, чем ниже интонация, то есть, чем ниже частота основного тона.

Модуляционные шумы встречаются и в магнитных записях на старых лентах с низкокоэрцитивным материалом рабочего слоя, особенно при неоптимальной настройке режима записи. Характерно, что у магнитных фонограмм модуляционный шум заметнее всего в записях *solo* сопрано или флейты в высоком регистре. Очевидно, в этих случаях условия для взаимной модуляции наиболее оптимальны.

В шеллачных грампластинках модуляционные искажения не так заметны на фоне сильного перманентного структурного шума, хотя все условия для их возникновения — налицо. Подобно фотографическому «заплыванию» (см. сноску), у пластинок существует

* Заметим, попутно, что у долгоиграющих грампластинок структура поливиниловых пластмасс более однородна и микроскопична, по сравнению с шеллачными, следовательно, и уровень шума, при прочих равных условиях, ниже.

** Немцы инженеры неспроста назвали это явление «**Donnereffekt**» (эффект грома). В отечественной редакции можно встретить выражение «**шум заплывания**», происходящее от явления фотографического заплывания резких границ изображения (эффект Гершеля).

такое явление, как «пригар», — следствие нарушения технологических режимов при тиражировании.

Поскольку ни характер, ни величина модуляционных шумов не являются ни постоянными, ни даже прогнозируемыми, бороться с ними, как мы увидим дальше, практически, невозможно. Разве что применение частотных фильтров в некоторой степени сделают эти искажения менее заметными.

Часто встречающейся помехой в архивных записях являются щелчки. Подробно мы познакомимся с ними позже, а пока можно лишь узнать, что они наиболее характерны для изношенных грампластинок. В фотографических фонограммах щелчки, при исправном тракте звукопередачи, свойственны неаккуратно выполненным склейкам киноленты, а при воспроизведении магнитных записей они возникают от статического электричества, накопленного в рулоне магнитной ленты, и «стекающего» в виде коротких разрядов в магнитную цепь головки воспроизведения.

Надо сказать, что аддитивные шумы, в том числе фон от сетей переменного тока, а также щелчки встречаются и в сегодняшней работе звукозаписывающих студий. Разумеется, методика их устранений соответствует содержанию следующих параграфов.

Очень неприятным дефектом при воспроизведении старых записей, особенно механических, является детонация, циклическая модуляция высоты звука, — следствие нестабильности скорости движения звуконосителя. Встречаются низкочастотные детонации («плавание» звука или детонации первого рода), — их постепенно меняющийся период кратен, к примеру, одному обороту эксцентрично вращающейся шеллачной пластинки или периоду биения плохо отрегулированных подкассетников ленточных магнитофонов и стабилизаторов скорости движения ленты. В кинопроекторах низкочастотные детонации встречаются, когда из-за неудачной склейки нарушается стационарность работы механических частей звукоблока.

Детонации второго рода проявляются в виде быстрых «дрожаний», дребезга или хрипов. Они особенно заметны на затухающих звуках фортепиано. Природа этих дефектов, свойственных любому виду звуковоспроизводящих устройств, кроется в неисправных, изношенных, грязных, плохо смазанных деталях вращающих или лентопротягивающих узлов — электродвигателей, тонвалов, шкивов, передающих роликов. Их биения кратны скорости вращения, так

что частота звуковысотной модуляции оказывается значительной, доходящей до 80÷150 Гц, откуда и характер слышимых артефактов.

К сожалению, исправить детонации звука полностью не удаётся. Более того, устранение «плавания звука» грампластинки, когда частота высотной модуляции растёт с каждым оборотом, напоминает сизифов труд, если реставратор пытается в качестве контрмеры включить программное устройство «**Pitch Bend**», тщетно подбирая циклические противофазные сдвиги высоты: параметры обработки нужно всё время изменять.

Искажения от детонаций второго рода отчасти можно снизить с помощью режекторного фильтра, настроенного по слуху на частоту биений. Но ведь в спектре испорченных сигналов теперь существуют суммарно-разностные составляющие, переменные по частотному положению, и устранить их путём фильтрации пока не представляется возможным.

Дефектом, типичным для архивных магнитных фонограмм, является так называемый «копирэффект». Это явление объясняется копированием намагниченности с витка на виток в рулоне ленты. И чем выше динамический контраст на соседних, по виткам, участках записи, тем заметнее проявляется в конце тихой прелюдии неясный предвестник будущего *sforzando*, от следующего витка к предыдущим, иногда несколько раз, всё громче и ярче. Не зря копирэффект получил в обиходе название «опережающее эхо».

Устранить его при реставрации можно только тогда, когда «копия» оказалась на предшествующей паузе. Спасают экспандеры, в том числе и ключевые (**Noise Gate**). Но если пауза была условной, так сказать, по нотному тексту, а на самом деле в записи существовал реверберационный отзвук, то его приходится удалять вместе с копирэффектом, а затем для акустической компенсации подбирать средства искусственного реверберирования.

§ 11-2. Технологические этапы при реставрации архивных фонограмм

В предыдущем параграфе ни слова не было сказано о линейных искажениях в старых записях. Спектральные ущербности, полученные из-за микрофонов того времени, электронных усилителей и свойств тех или иных видов звуковой «консервации»,

не должны сегодня подвергаться никакой критике, — это было бы безнравственно. А технические комментарии по этим вопросам найдутся в соответствующей литературе.

Но, приступая к очистке фонографического архива от принесённых дефектов, мы должны, в первую очередь, позаботиться о том, чтобы во время переписи звукового материала в компьютер или иной комплекс реставрационных устройств, не добавились бы искажения, линейные или нелинейные, наличие которых не только усложнит работу по реставрации, но и оставит у слушателя ложные впечатления о работе мастеров тех лет.

Наибольшему обсуждению подлежит перепись грамзаписей. Если долгоиграющие грампластинки с индексом СМ (стерео-моно), выпущенные в 80-х годах XX века прекрасно воспроизводятся современными проигрывателями, и частотные коррекции усилителей воспроизведения соответствуют характеристикам записи, то монофонические пластинки 50-70-х годов адекватно воспроизводятся лишь электрофонами того времени, с электромагнитными звукоусилителями, снабжёнными корундовой иглой. Но самые серьёзные проблемы несёт перепись шеллачных пластинок со скоростью вращения 78 об./мин., предназначенных для воспроизведения на патефонах с тяжёлой мембраной и стальной иглой. Попытки проигрывать эти грампластинки на электрофонах, тем более, на проигрывателях с пьезоэлектрическим звукоусилителем, а затем корректировать звучание «на слух» вряд ли можно считать оптимальными. И причин тому, по меньшей мере, три:

- Для полноценного воспроизведения механической фонограммы профиль иглы проигрывателя должен соответствовать профилю резца в устройстве записи, и это условие, пусть и со статистическим приближением, выполнялось в старых граммофонах и патефонах.
- Частотная коррекция звучания после неадекватной переписи производится электрическими фильтрами, характеристики которых подбираются опытным путём, и не вполне отвечают необходимым величинам. Кроме того, эти фильтры вносят собственные артефакты, о чём сообщалось в главе 6.
- Частотная характеристика современных проигрывателей простирается значительно шире спектра полезных сигналов старых грамзаписей. Это означает повышенную передачу различных помех в высокочастотной области, в частности

коротких щелчков, которые при воспроизведении пластинок с помощью тяжёлой мембраны могли быть вовсе не слышны.

Поэтому автор считает целесообразным использовать при переписи механический проигрыватель с установленным перед ним высококачественным профессиональным микрофоном. Акустическая фильтрация звукового спектра при этом выполняется самым натуральным способом, и если помещение, в котором ведётся перепись, достаточно заглушено, можно считать, что успех достигнут.

Перепись архивных магнитных фонограмм, казалось бы, не вызывает сомнений, если используются профессиональные магнитофоны. Согласимся считать, что линейные искажения в процессе записи были откорректированы в усилителях записи, а используемые ныне тракты воспроизведения также линеаризируют свои характеристики. Конечно, приходится закрывать глаза на разницу в стандартах прошлой и нынешней магнитной звукозаписи*, но приближение здесь, действительно, большее, чем в случае грамзаписи.

При воспроизведении старой магнитной ленты стоит обратить внимание на уровень выходного сигнала магнитофона и, при необходимости, повысить усиление аналогового воспроизводящего тракта, чтобы уже не делать это в цифровом виде. Если лента деформирована, можно использовать дополнительный её прижим к магнитной головке во избежание потерь на высоких частотах и колебания уровня воспроизведения.

Собственно реставрация состоит из двух преимущественных этапов: удаления импульсных помех (щелчков) и шумопонижения. Дополнительные процедуры, такие, как усиление, сжатие динамического диапазона и частотная фильтрация, не являются принципиальными. Однако, если они по каким-то причинам производятся, то стоит соблюдать одно правило: каждая последующая операция не должна повышать уровень записи, чтобы не усиливались возможные артефакты предыдущей процедуры. Следовательно, во всей технологической цепочке при реставрации первым будет усиление (может быть, со сжатием динамического диапазона).

Далее производится удаление щелчков или подобных им дефектов, а затем — снижение аддитивного шума.

* Имеются в виду так называемые «постоянные времени» корректирующих электронных цепей.

§ 11-3. Удаление щелчков в фонограммах

Природа типичных, «классических» щелчков грамзаписей кроется в трещинках различной ширины и глубины на пластинках, образовавшихся при нестерильных технологических условиях тиражирования или в результате небрежной эксплуатации. Осциллограмма такого щелчка, когда игла проигрывателя совершила резкое движение «вниз-вверх» по границам выщербленного участка грампластинки, приведена на иллюстрации 11-1.



Иллюстрация 11-1

В годы магнитных фонограмм удаление щелчков в переписи с пластинок после их ручного обнаружения (см. строки о процедуре *scrub* в главе 10) производилось простым механическим вырезанием и склеиванием ленты. Разумеется, при большом количестве щелчков такой труд становился весьма изнурительным, да и удаление не всегда оставалось незаметным на слух.

На иллюстрации 11-2 показан принцип действия современных компьютерных способов удаления щелчков (эта функция аудиоредакторов или подключённых *plug'ins* называется «**De-clicker**» или «**Click removal**»). Участок записи, содержащий щелчок, обнаруженный реставратором или самой программой в автоматическом режиме, стирается. Сигналы в примыкающих областях анализируются, и вычисленные по теории вероятности осцилляции экстраполируются в повреждённый участок.

Практика показывает, что в подавляющем большинстве случаев результат такой вероятностной замены вполне удачный. И чем

шире, информативнее спектр примыкающих к щелчку участков записи, тем точнее срабатывает математический аппарат, тем незаметнее для слуха будет описанная компьютерная процедура.

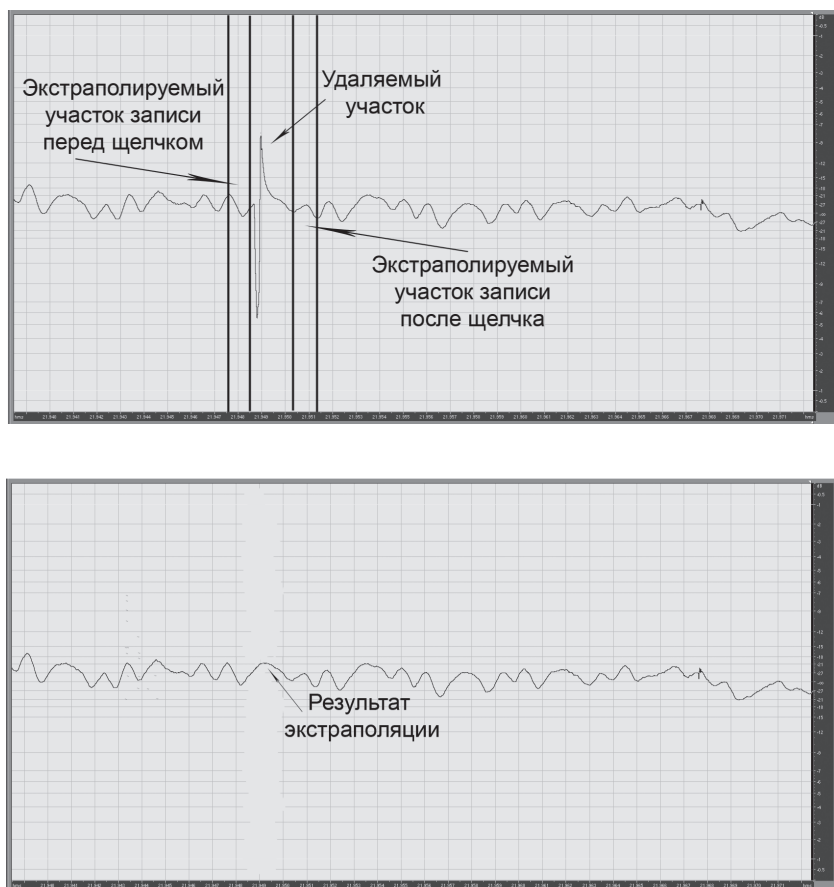


Иллюстрация 11-2

Как только что говорилось, обнаружение щелчков возможно в автоматическом режиме. Резкое изменение амплитуды сигнала, внезапное расширение его спектрального состава, вид осциллограммы, подобный иллюстрации 11-1, то есть форма щелчка, отвечающая программной базе данных, — именно на этой совокупной информации основывается работа по автоматическому поиску щелчков. Но иногда аудиоредактор может принять за щелчок какой-нибудь музыкальный звук, например *«Rim short»* — короткий

удар по ободу малого барабана, — приём, часто употребляемый у барабанщиков. Ясно, что теперь неизбежна «медвежья услуга». Поэтому целесообразнее находить щелчки самому реставратору, а программе лишь выполнять приказы об их ликвидации.

Надо сказать, что по рисунку огибающей звукового сигнала, «волны» на компьютерном мониторе, как это называют программисты, щелчок не всегда заметен. Но его наличие ярко отражено на спектрограмме: участок щелчка всегда имеет более широкий спектральный состав по сравнению с соседними областями (см. иллюстрацию 11-3).

Особенно сложно по огибающей обнаружить место щелчка, являющегося следствием фазового излома сигнала, а в автоматическом режиме это не удаётся вовсе, так как в базе данных **De-clicker**’ов нет описания такого случая.

В иллюстрации 11-4 сказанное поясняется на примере синусоидального сигнала. Проиллюстрированный излом фазы мог произойти, к примеру, из-за неудачной склейки двух фрагментов «встык», без *crossfade* (см. § 10-3). Надо сказать, что подобное случается не только при соединении двух участков записи чистого тона. Это актуально и для монтажа музыки для флейты *solo* или вокалиста *solo*, когда спектр не слишком плотный, а компоненты основных тонов выражены гораздо сильнее обертонов.

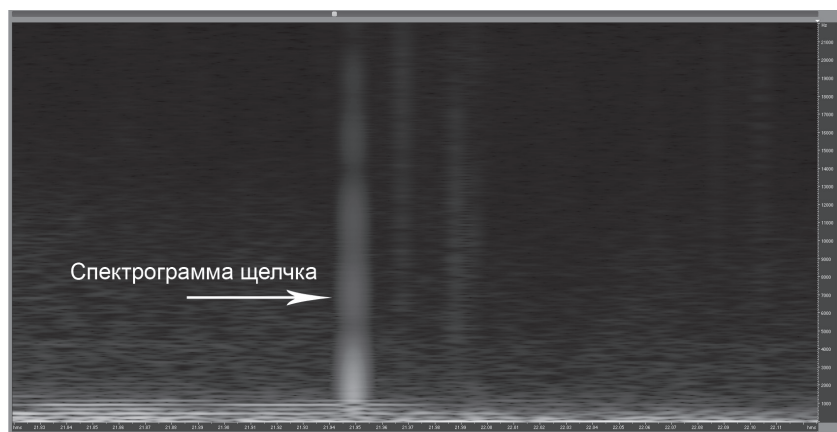


Иллюстрация 11-3

Резкое изменение фаз спектральных компонент звукового сигнала воспринимается человеческим слухом как щелчок или даже

стук оттого, что ухо реагирует не только на внезапное изменение акустической амплитуды, но и на скачкообразное изменение производной сигнала по времени. Если бы этого не было, то ситуацию, отображённую на иллюстрации 11-4, можно было бы вовсе не анализировать, да и условия звукомонтажа существенно упростились: не нужен был бы *crossfade*.

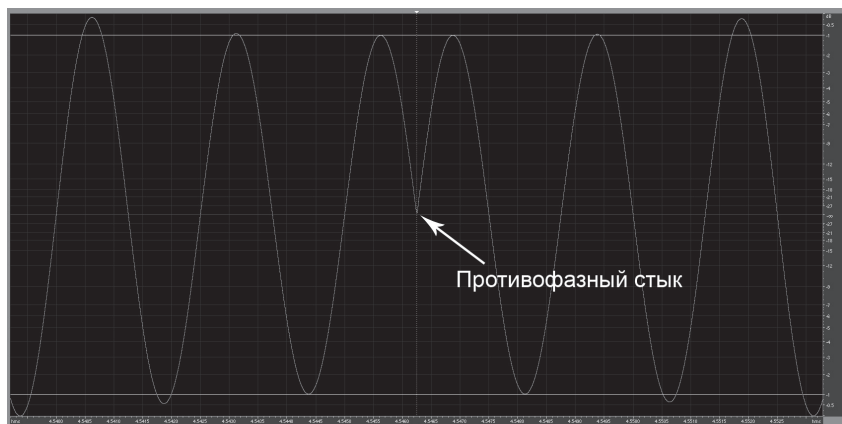


Иллюстрация 11-4

Ясно, что в обычном, рабочем масштабе изображения огибающей звукового сигнала фазовый излом не виден. А спектрограмма этого участка записи покажет внезапное расширение спектра, что и будет соответствовать слуховой реакции (иллюстрация 11-5).

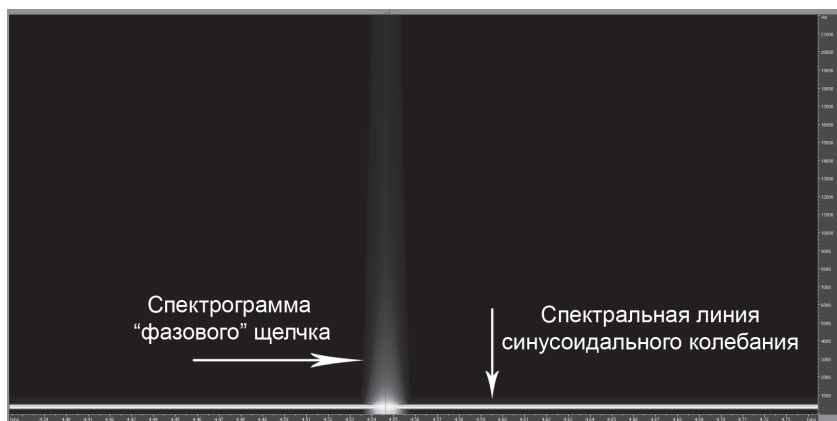


Иллюстрация 11-5

Каким бы из современных способов не велась перепись архивных грампластинок в компьютерный аудиоредактор, спектр сигнала стоит пока сохранять максимально широким — это облегчит поиск щелчков. А когда они будут удалены, можно применить частотное ограничение для оптимальной работы программных устройств шумопонижения.

§ 11-4. Снижение шума в архивных записях

Среднестатистический спектр шума изношенных грампластинок приведен на иллюстрации 11-6. Насыщенность в высокочастотной области объясняется свойством совокупного аддитивного шума, и отнюдь не свидетельствует о спектральном составе записанного акустического источника. Так же невероятно, чтобы повышенная передача низкочастотной области спектра не была бы связана с характеристиками записывающих устройств того времени или неоптимальными акустическими параметрами помещений, в которых проводились записи.

Поэтому, перед процедурой шумопонижения, каким бы способом оно не выполнялось, после удаления щелчков целесообразно сузить спектральный диапазон звукопередачи.

Ориентировочными параметрами для выбора границ фильтрации в высокочастотной области могут быть следующие данные о её реальных пределах:

- Для стереофонических магнитных студийных фонограмм ≈ 18000 Гц.
- Для бытовых кассетных или катушечных магнитофильмов $\approx 10000 \div 12000$ Гц.
- Для студийных контрольных фотографических фонограмм 35-мм. кино ≈ 8000 Гц.
- Для тиражных 35-мм. фильмокопий с фотографической фонограммой, переписываемых в кинотеатрах ≈ 7000 Гц*.
- Для тиражных 16-мм. фильмокопий с фотографической фонограммой ≈ 4000 Гц.
- Для долгоиграющих стереофонических грампластинок $\approx 16000 \div 18000$ Гц.

* Статистические данные получены профессором Ю. М. Иштуткиным.

- Для старых шеллачных грампластинок $\approx 5000 \div 7000$ Гц.

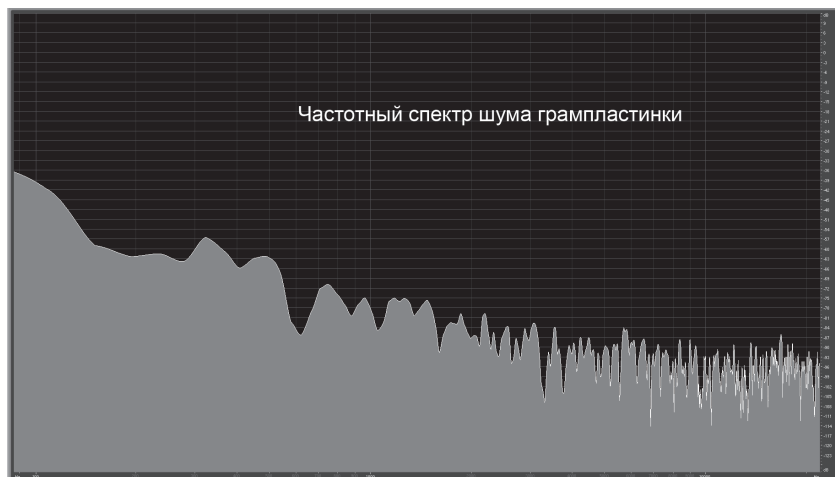


Иллюстрация 11-6

Что касается низкочастотной спектральной области, то практика указывает на границы порядка $40 \div 100$ Гц. При высококачественном профессиональном мониторинге ограничение на низких частотах контролируется на слух, и производится до той степени, пока ухо не ощутит влияние фильтрации на полезное звучание*.

На иллюстрации 11-7 видно, насколько снижается уровень шума грампластинки, если с помощью FFT-фильтра произвести ограничение частотного диапазона звукопередачи за пределами $80 \div 7000$ Гц. Здесь на рисунке «волны» видны неудалённые щелчки.

Программные компьютерные устройства шумопонижения (**Noise Reduction**) работают следующим образом:

1. В реставрируемом материале находится участок, содержащий один лишь аддитивный шум. Как правило, он существует в начале или конце граммофонной записи. На иллюстрации 11-7 этот фрагмент указан, как «образец шума».
2. С помощью функций «*Capture Profile*», «*Learn*» или «*Preview*» (в зависимости от программного сервиса) анализируется спектральный состав аддитивного шума. При этом программа фиксирует уровни шума в выбранном реставратором числе

* Разумеется, то же самое можно рекомендовать и в отношении высокочастотной области звукового спектра.

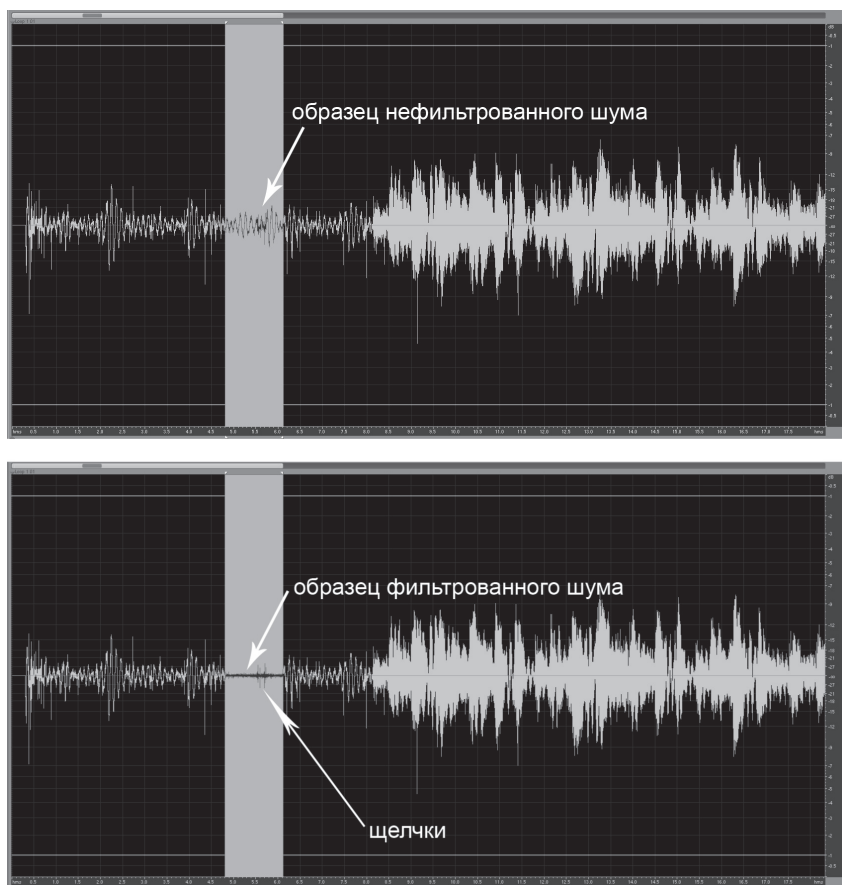


Иллюстрация 11-7

спектральных полос (от 128 до 16384 — «*Snapshots in Profile*» или «*Windowing FFT size*»).

Нужно помнить, что для полноценного спектроанализа продолжительность «обучающего» участка должна быть не менее двух периодов самой низкочастотной компоненты. Так, например, если частотный спектр реставрируемой записи начинается от 80 Гц, то длительность анализируемого шума — не менее 25 мсек. И поскольку анализ ведётся статистическим методом, то лучше всё-таки брать образец подлинней, независимо от предварительного ограничения спектра.

3. Вручную или автоматически включаются динамические фильтры, как правило, в количестве, соответствующем числу

спектральных полос анализатора («*FFT Size points*» или «*Fit size*»). Эти фильтры, каждый в своей полосе, будут автоматически снижать уровень передачи сигнала, как только он окажется ниже порога, установленного анализатором, то есть, «по мнению» программного устройства, и будет составляющей шума, а не полезного звука.

4. Шумопонижение выполняется для «обучающего» участка или всей реставрируемой записи. При этом можно установить степень очистки («*Reduce Noise Level*», «*Reduce by...dB*»), точность работы («*Precision Factor*»).

Разумеется, чем выше выбранные параметры, в том числе и количество динамических фильтров тем тщательнее производится шумопонижение, но, соответственно, тем медленнее работает программа.

При необходимости, можно сохранить «слепок» шума, как файл и применять его затем в реставрации однотипного материала.

Дополнительно в программах или *plugin's* шумопонижения можно регулировать временные параметры динамических фильтров («*Attack speed*», «*Release speed*», «*Smoother Amount*»). Смысл этих установок известен нам из главы 2; величины подбираются опытным путём.

Устройства шумопонижения работают оптимально, если спектр шума, по уровню и частотному составу одинаков и в анализируемом куске, и на протяжении всей записи. Такое, с достаточным приближением, можно констатировать для студийных архивных магнитных фонограмм. Да и в них, к сожалению, «обучающий» участок, как правило, находится в конце записи, где может слышаться отзвук последнего музыкального аккорда. Хорошо, если он содержит уверенно различимую тональную, звуковысотную компоненту — её можно вручную исключить из результата спектроанализа, избежав тем самым неточности в работе программы.

Но как уже говорилось в § 11-1, спектр шума шеллачной высокоскоростной грампластинки, на одной стороне которой помещается трёх-четырёхминутное музыкальное произведение, неодинаков в конце и начале записи. Поэтому приходится делить объект очистки пополам, пользуясь начальным и конечным образцами шума применительно к каждой из обрабатываемых частей.

Вряд ли следует сразу стремиться к максимальной очистке архивной записи от шума. В действии любого компьютерного устройства существуют досадные артефакты. И в данном случае их заметность, прежде всего, связана с недостаточно точным, по своей «шумовой» информативности, анализируемым участком фонограммы. Неадекватная динамика экспандирующих фильтров проявляется на слух как странный звон, специфическое «бульканье», напоминающее работу устройства типа *«flanger»* или лёгкий скрежет ножа по стеклу.

Поэтому целесообразно проводить шумоочистку в несколько приёмов, всякий раз обращаясь к «обучающему» кусочку записи, подобно тому, как осторожно, мягкой кисточкой, а не грубой киркой, снимает археолог слой за слоем с черепка многовековой давности, всякий раз убеждаясь в том, что под его рукой пока ещё грязь, а не фрагмент бесценного творения давно ушедшего народа.

Наблюдается интересный феномен: после реставрационных процедур у слушателя создаётся впечатление, будто в записи пропали высокие частоты. Это на самом деле так, только частоты эти принадлежали не полезному сигналу, а шуму с яркими щелчками и мелким потрескиванием. Конечно, в известной степени снижаются продукты интермодуляции, мультипликативный шум, в образовании которого участвовал и полезный сигнал (см. § 11-2), но исчезновение этих искажений, пожалуй, не стоит относить к разряду ущербностей.

Современные компьютерные способы реставрации фонографических архивов, наверное, могут позволить настолько очистить материал от дефектов, нанесённых временем, что запись предстанет слушателю, как нечто, сделанное сегодня прямо для CD, а не век тому назад. Пожалуй, не стоит злоупотреблять техническими возможностями, тем более, что акустическая и тембровая сторона старых фонографий всё равно хранит свою специфику: искажения звукоприёмников и устройств записи, не всегда подходящее помещение тонателье, громкостной баланс, созданный только за счёт различных удалений артистов от единственного микрофона или трубы Эдисона и пр.

Так что вряд ли стоит приукрашивать архивные записи искусственной реверберацией, и стереофонизировать их, «фазовым обманом» растягивая звуковую базу. Сохранение старых фонографических признаков, сколь примитивными они ни кажутся, не

менее важная задача, чем сохранение неповторимых откровений артистов прежних лет.

Да и мелкое потрескивание, и шипение пусть передадут современникам тот «патефонный аромат», которым были пронизаны звучания, столь дорогие нашим отцам и дедам. Тем более, что человеческий слух не так отрицательно реагирует на наличие небольшого постороннего шума, как на его регулярное появление и пропадание.

Давайте же, ликвидируем лишь те дефекты, которые отвлекают, раздражают, мешают слушать!

В этом ещё раз проявится профессиональная звукорежиссерская этика, глубокое уважение к тем, кому мы адресуем нашу работу.

§ 11-5. Премастеринг фонографий

На этом этапе работы режиссёр добивается заданного программного единства, которое не всегда должно характеризоваться буквальной одинаковостью громкости звучания всех произведений, входящих в состав программы или равенством пространственных впечатлений. Такая однородность может относиться, пожалуй, к циклическим программам, к записям, представляющим какого-то артиста в одном жанре, либо исполнительский коллектив (хор, оркестр), когда музицирование, лицо труппы, важнее репертуара.

Реализация программного единства иной раз может потребовать введения спектральной коррекции для отдельных номеров. Кроме того, употребление частотных фильтров бывает продиктовано сугубо техническими причинами, как то: необходимостью устранения низкочастотных помех от вибрации микрофонов, уличного шума, т. п.

Попутно заметим, что снижение однородного акустического или технического шума в записях, удаление локальных помех, «щелчков», весьма желательно для музыкальных произведений с большим динамическим диапазоном, особенно, если они будут публиковаться на компакт-дисках.

Реверберационная обработка отдельных номеров программы связана как с художественными задачами, так и с выравниванием пространственных впечатлений в записях, подобных по жанру

и стилю, но произведенных в разное время (в числе причин возможна разница в микрофонных позициях, в температурно-влажностных условиях, определяющих акустические свойства тонателе). Кроме того, для удобств монтажа фонограмм, режиссёры часто делают записи с уменьшенным количеством диффузных сигналов, а искусственная реверберация компенсирует это на стадии премастеринга для всей программы.

Подробное описание перечисленных процедур читатель найдёт в предыдущих главах. Здесь же необходимо сделать акцент на двух обстоятельствах:

А). Регулировка громкости звучания может выполняться как простым изменением уровня воспроизведения звукового файла (операции **Volume**, **Gain**), так и с помощью процесса **Maximize volume**, когда ограничению пиковых уровней записи сопутствует усилительная компенсация, что вызывает повышение средней воспринимаемой громкости. Правильный выбор способа регулирования требует хотя бы фрагментарного прослушивания всех номеров, составляющих программу в её заданной последовательности. Более точная оценка динамических соответствий даётся при сопоставлении последнего эпизода предшествующего номера с начальным эпизодом следующего; продолжительность сравниваемых отрезков для нормальной слуховой адаптации должна быть, по меньшей мере, 30-40 секунд. На этом этапе оперативные, простые изменения уровня воспроизведения индицируют нужную степень начального усиления в операции **Maximize volume**, или вовсе самостоятельно решают задачу, если только необходимое повышение уровня не выводит пики сигнала за дозволенные границы.

Ошибочным является *индивидуальное* для каждого номера программы обращение к функции **Normalize**, устанавливающей определённый пиковый уровень звукового файла (как правило, в пределах — 0,3 ÷ 0 dB). Применение этой операции возможно для всей скомпонованной программы — только в этом случае сохраняется динамическое соотношение между её отдельными номерами. Игнорирование этого обстоятельства приведёт к тому, что музыкальные произведения, нюансированные в *ff* и *pp*, могут оказаться чуть ли не равногромкими.

Б). Многим звукорежиссёрам кажется, что премастеринговые процедуры могут делаться в произвольной последовательности. Но только арифметические сумма или произведение не зависят от

перемены мест слагаемых или сомножителей (выражаясь строгим языком информационных теорий, только *последовательность линейных операций не влияет на конечный результат*). А операции, к которым мы прибегаем в процессе премастеринга, к таковым, за небольшими исключениями, не относятся. Поэтому необходимо строго соблюдать порядок их выполнения.

Так, реверберирование звука следует производить после того, как он очищен от различных помех и шумов. В противном случае эти дефекты приобретут диффузную окраску, «щелчки» дополнятся собственными рефlekсами, их звучание удлинится во времени, следовательно, простое «вырезание щелчков» (*cut*) потребует значительно более широкой зоны удаления, а их детерминирование для автоматических программ типа «**Click removal**» станет невозможным: такие программы относят звуки с реверберационной окраской к числу полезных.

Поскольку искусственная реверберация, благодаря интерференционному хаосу, непрогнозируемо влияет на суммарный уровень сигнала, её нужно применять до стадии громкостных регулировок. Тем более, что наличие дополнительной реверберации вносит определённые психоакустические коррективы в нашу оценку громкости звука.

Использование линейных спектральных корректоров звука (*equalizers*), как премастеринговый этап, может быть произвольным по времени, разве что в случае какого-либо подъёма АЧХ нужно учесть его возможное влияние на итоговый уровень сигнала. Разумеется, колористический результат коррекции будет зависеть от того, включаются ли частотные фильтры до или после реверберирования звука.

При любых операциях со звуковыми сигналами компьютер выполняет математические вычисления с определённым приближением. Только простое изменение уровня, кратное 2^n , можно считать не вносящим «слышимые» ошибки в сигналограмму. Это, конечно, не является категорическим препятствием для регулировки громкости в другой мере, но необходимо помнить об одном: *погрешности преобразований в трактах цифровой звукопередачи тем заметней, чем ниже уровень сигнала*. Отсюда вытекает ещё одно важное правило, касающееся последовательности премастеринговых процедур: нельзя прибегать к сколь-либо значительному увеличению громкости, если этому предшествовало какое-то её

уменьшение, скажем, в результате частотной коррекции или искусственного *diminuendo*. В противном случае тайное станет явным, — мы сможем услышать «шум квантования», особенно, если работа ведётся в 16-разрядном формате **CD Audio** (см. § 2-3).

По этой же причине выполнение операций «*Fade in*» и «*Fade out*» для плавных сопряжений звука с «мёртвыми» паузами должно производиться в последнюю очередь.

Некоторые коллеги или музыканты наивно полагают, что в процессе премастеринга можно скорректировать ошибки, совершённые на стадиях микрофонного приёма или сведения многодорожечной записи. В частности, речь идёт о применении динамических фильтров для исправления неверного баланса в низкочастотной или высокочастотной области, полученного ранее из-за некачественного мониторинга. Но если произносится фраза «*много баса*», это вовсе не значит, что перегружен *регистр*, занимаемый звуками бас-гитары: наблюдается спектральная перенасыщенность, простирающаяся вниз от 100–200 Гц вплоть до инфранизкочастотной зоны. Аналогичная ситуация освещена репликой «много *хай-хета*». Здесь ошибка может возникнуть из-за неравномерности АЧХ трёхполосной электроакустической системы во второй области разделения.

И если призвать на помощь соответствующие пороговые эквалайзеры, то они окажутся оптимальными лишь тогда, когда в обрабатываемых *спектральных регистрах* нет звуков, принадлежащих другим источникам, например, ярко артикулирующим вокалистам или группе виолончелей в педализирующем струнном оркестре.

Ошибки лучше исправлять тогда, когда они возникают, и надо быть внимательным ко всем техническим обстоятельствам на любой стадии фонографического творчества.

На многих звукозаписывающих студиях установлены аудиомониторы разных классов, от профессиональных, с большим объёмом и высокой отдачей на краях частотного диапазона до простых и широко распространённых бытовых. В процессе премастеринга субъективный, слуховой контроль иногда ведётся с использованием большего количества мониторов, вплоть до маленьких переносных, смонтированных в корпусе пластмассового проигрывателя или специфических автомобильных. Читателю самому предстоит судить, целесообразно ли и возможно ли добиваться универсализации звучания при таком ассортименте воспроизводящих электроакустических устройств?

Только уместно при этом вспомнить, что если звукоизобразительная структура подчинена простому громкостному соперничанию в передней фонографической плоскости, когда тембральные качества максимально зависят от индивидуальных свойств громкоговорителей, то и указанные проблемы проявляются в максимальной степени. Альтернатива же достаточно подробно изложена в главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**».

Наконец, звуковая программа, предназначенная для публикации, komponуется с необходимой последовательностью номеров; между ними устанавливаются желаемые паузы. Последние могут определяться техническими стандартами (от 4 до 6 секунд), но художественная обоснованность подчас значительно расширяет этот диапазон: так, ремарка *attacca* в циклическом сборнике или между разделами произведений крупной формы предписывает начало следующей части непосредственно после окончания предыдущей, если вообще не на отзвуке её последнего аккорда. А паузы между произведениями, исполненными, к примеру, глубокого трагизма, желательно увеличить, чтобы обеспечить слушателю необходимую релаксацию для дальнейшего восприятия.

Надо учитывать, что ощущение длины паузы существенно зависит от продолжительности и темпоритмического характера предшествующего ей номера: после коротенького *Scerzo* пауза в 3-4 секунды может показаться непомерно большой, тогда как долгое *Largo* допустит последующую паузу и в 8-10 секунд.

Итогом премастеринговых работ является так называемая **мастер-лента** (или **мастер-диск**). Записанная на них информация используется для изготовления тиражных оригиналов (при производстве аудиокассет), или матриц (при производстве грампластинок и компакт-дисков). Строго говоря, никакой дальнейшей обработке звуковой материал подвергаться не должен, хотя, в коммерческих целях, производители тиражной продукции позволяют себе странную инициативу «что-то доделать», не согласуя свои желания со звукорежиссёрами — авторами фонографий.

Глава 12.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ЗВУК

В 70-х годах XX века началось бурное развитие нового течения в области художественной звукописи — квадрофонии, использующей 4 акустических излучателя, формирующих поле кажущихся источников звука, простирающееся по двум координатам слухового восприятия: слева направо (поперечная координата) и спереди назад (продольная координата), в отличие от стереофонии, где в плоской фонографии имеется только одна, поперечная координата. Если же ещё учесть специфические свойства психоакустики, то способность человека идентифицировать в своих ощущениях фонографическую глубину, удалённость виртуальных источников звука, значительно увеличивала в квадрофонии число воспринимаемых мизансцен. У некоторых слушателей даже возникали иногда ощущения вертикальной координаты, что, конечно же, целиком обязано психологии акустического восприятия.

Дополнительный толчок к развитию квадрофонии дали исследователи-электроакустики, предположившие, что дальнейшее совершенствование систем звукопередачи должно идти в сторону увеличения числа каналов воспроизведения.

Среди инициаторов этих исследований в их технических аспектах был известный российский учёный Вадим Владимирович Фурдуев. В Ленинграде работы по изучению как технических, так и художественных возможностей квадрофонии вела кафедра акустики института связи им. Бонч-Бруевича (ныне — академия телекоммуникаций) совместно с Ленинградской студией грамзаписи. В числе исследователей были: профессор Юрий Каволгин, заведующий названной кафедрой, кандидат технических наук и музыкант, — лидер группы «Яблоко» Юрий Берендюков, а также автор этой книги, звукорежиссёр Виктор Динов.

Эксперименты велись по двум концепциям. Согласно одной из них, слушатель должен был ощущать себя в реальном филармоническом зале, для каковой цели передние акустические системы использовались как стереофоническая пара, передававшая фоно-

графию музыкального объекта — ансамбля, оркестра, хора, (дополненную иногда картиной ранних диффузных отражений), а тыльные громкоговорители излучали сигналы реверберации, — натуральной или искусственной. Действительно, объёмные психоакустические впечатления при квадрофонической передаче заметно превосходили таковые в стереофонии, ставшей в те поры уже традиционной.

Другой областью художественного исследования было расположение слушателя «внутри оркестра». По этой концепции, звучание различных инструментальных или вокальных голосов происходило с разных сторон, причём звукорежиссёры использовали как 4 реальных электроакустических излучателя, так и виртуальные источники звука, в том числе и стереофонические изображения. Надо сказать, что в большинстве случаев азимутальные координаты закреплялись за конкретными акустическими объектами (условно говоря: скрипки слева, виолончели справа, а впереди, в центре — солист... или нечто в подобном роде).

К сожалению, квадрофоническая звукопередача того времени переживала скорее эйфорию новизны, чем стремление к фонографическим изысканиям сообразно звуковой драматургии. Да и технические средства были весьма скудными. Поэтому квадрофонические записи, несмотря на музыкальное разнообразие, оказались во многом однотипными, и не смогли преодолеть самодостаточности стереофонических идей. К тому же, существовало, по меньшей мере, два досадных обстоятельства, препятствующих широкому бытовому распространению квадрофонических систем.

Чтобы слушатель мог воспринимать объёмное звуковое изображение подобное тому, какое создал звукорежиссёр, нужно было располагаться в точке пересечения диагоналей равнобедренной трапеции, разница в ширине оснований которой объяснялась неодинаковой разрешающей способностью человеческого слуха при локализации фронтальных и тыльных виртуальных источников звука. Эксперименты показали, что зона возможных смещений слушателя от этой точки, когда ещё сохраняются адекватные пространственные ощущения, значительно уже, чем допустимые отклонения в бинауральной стереофонии. Эта жёсткая привязка «аудиозрителя» к данному месту, увы, снижала потребительский энтузиазм, хотя, казалось бы, серьёзное отношение к стереофоническим записям давно должно было приучить аудиофилов к существованию определённых условий прослушивания.

Кроме того, в те годы в пользовании населения ещё были распространены монофонические проигрыватели грамзаписей и магнитных лент, так что даже стереофония с её звукозрительной выразительностью пока не вызывала повальной притягательности. А тут тебе вдруг предлагается приобрести за немалую стоимость четырёхканальный электроакустический комплекс с неизведанными перспективами и странными «художественными» средствами звукопередачи!

Так или иначе, но исследования в области квадрофонии постепенно снились. Однако история сохранила мнения знаменитого канадского пианиста и радиожурналиста Глена Гульда, считавшего в 1977 году, что «...проблема квадрофонии интересна, потому что *вплоть до настоящего времени* она постоянно эволюционирует...». Вот некоторые мысли, высказанные Г. Гульдом в беседе с журналистом Дж. Коттом, узнавшим, что пианист записал фугу Баха, распределив четыре её голоса на четыре отдельных канала (воспроизведения):

«...никто не ожидал, что я со дня на день превращусь в квартет из четырёх фортепиано. Это был просто личный эксперимент, на который мы решились в последнюю минуту...»

«Квадрофония не приносит ничего, скажем, для трио-сонат Баха или для симфоний Бетховена. Однако, что касается, скажем, пьесы Габриэли, предназначенной для исполнения четырьмя ансамблями медных инструментов, то это совсем другое дело. Я знаю сочинение одного голландского композитора, современника Бетховена<...>, где он прямо предвосхищает Элиота Картера, — совершенно потрясающая вещь. На «Филипсе» сделали её запись, а я видел партитуру. Вот пример сочинения классической эпохи, которое подходит для квадрофонии».

«Я не вижу ничего, что заставило бы осуждать...звуковую атмосферу, которая как бы имитирует глубину пространства...»

Конечно же, эти высказывания не обнаруживали безраздельной поддержки нового фонографического направления, но они были вполне способны возродить инициативы в квадрафонических изысканиях. Тем более, что нашедшие на грани XX–XXI веков широкое распространение бытовые аудиовизуальные комплексы «**Home Video**» заметно снизили упомянутые организационно-технические проблемы.

Звуковоспроизводящие комплексы 5.1, применяемые в кино (в том числе, и «домашнем»), открыли широкий путь развитию

формата «**DVD AUDIO**», представляющего собою, по сути, расширенную квадрофоническую систему, которой более подходит название «**SURROUND SOUND**», **пространственный звук**. В его технический состав входят 6 согласованных электроакустических устройств, 5 из которых являются широкополосными, а 6-е, именуемое «**Subwoofer**», передаёт сигналы, спектр которых лежит в диапазоне ниже 80–60 Гц.

Аппаратные средства для просмотра фильмов или прослушивания звуковых программ являются сегодня, практически, совместимыми, а расположение зрителя (слушателя) против телевизионного экрана вырабатывает определённую привычку и для оптимального слухового восприятия.

Интерес к искусственным фонографическим полям, создающим убедительные пространственные ощущения, всё время растёт, свидетельством чему является очередная система звуковоспроизведения 7.1 с двумя добавленными боковыми электроакустическими источниками. Как тут не вспомнить звукопространственный 9-канальный комплекс, использовавшийся ещё в 50-х годах прошлого века в так называемом *панорамном* кино, где пять групп громкоговорителей располагались за экраном, две — по бокам, одна — сзади и одна — на потолке кинозала. В совокупности с трёхплёночной проекцией изображения на огромный вогнутый киноэкран этот электроакустический комплекс обеспечивал потрясающий «эффект присутствия».

Воистину прав был В. В. Фурдуй, ратовавший за увеличение числа каналов звуковоспроизведения, и не только ради достоверного «переноса первичного звукового поля во вторичное помещение».

Дальнейшее знакомство с техническими и эстетическими свойствами пространственного звука мы осуществим применительно к формату «**DVD AUDIO**», с некоторыми коррективами, отличающими чисто фонографическую объёмную передачу от системы звукового сопровождения кино.

Главное отличие состоит в том, что в кинотеатрах (соответственно, и в домашних тоже) наивысшими техническими параметрами должен обладать центральный передний электроакустический канал, ответственный за передачу диалогов. Условие абсолютно оправданное, так как все зрители, независимо от их местоположения, должны полноценно воспринимать актёрскую

речь. Боковые фронтальные каналы передают, преимущественно, звуки второго плана: функциональные фоновые шумы, закадровую музыку с ограниченным частотным спектром, т. п., так что их технические данные *могут быть* (но необязательно) снижены. И уж совсем простые требования предъявляются к тыльным громкоговорителям, удел которых — передача всевозможных акустических эффектов, общей звуковой обстановки.

Странно, но даже независимо от звукорежиссёрских решений фильма и соответственных пространственных распределений, существует мнение, что суженная спектральная характеристика тыльных электроакустических систем оправдана ограниченной частотной характеристикой человеческого слуха при восприятии источников звука, расположенных сзади. Последнее верно, но ведь это — *свойство слуха*, а не *свойство источника*. К тому же, этот психоакустический эффект имеет индивидуальные корреляты, и тыльные громкоговорители не могут удовлетворять их огромному разнообразию.

Если абстрагироваться от «**Home Video**» и создавать пространственные звуковые картины музыкально-драматического содержания, которые должны воспроизводиться системами «**DVD AUDIO**», то последние, конечно, необходимо оснастить пятью *одинаковыми* каналами звукопередачи (с дополнительным супернизкочастотным). И пусть человеческий слух вносит в восприятие свои индивидуальные коррективы!

Эксперименты показали также, что при создании пространственных фонографий реже всего используется центральный передний канал. Он нужен только лишь тогда, когда картина требует точечного источника звука с максимальной иллюзией реального азимута (так же, как и в случае работы любого другого громкоговорителя). А что касается центрального *виртуального* квазиобъекта, создаваемого парой передних громкоговорителей, то он, да простится мне невольный каламбур, является наиболее «реальным». Это легко объясняется тем, что в бинауральной стереофонии синфазные электроакустические сигналы равной интенсивности, излучаемые левым и правым громкоговорителями для иллюзии центрального виртуального источника звука больше всего соответствуют той натуральной и привычной акустической ситуации, когда прямо перед нами находится реальный источник, и оба уха принимают также синхронно-синфазные сигналы равной интенсивности.

Так что, теоретически, следовало бы центральный фронтальный громкоговоритель переместить в положение центрального тыльного, где разрешающая способность слуха по локализации виртуальных источников звука крайне мала.

К сожалению, в вышеизложенном можно усмотреть посягательство на существующие стандарты систем объёмного звуковоспроизведения. Но кто знает, заканчиваются ли сегодня фонографические исследования вообще?

Автор этой книги экспериментировал с возможностями пространственной звукопередачи, базируясь на следующей доктрине: локализация множества виртуальных источников звука должна, в первую очередь, подчиняться не геометрическим аналогиям расположения звуковых объектов в определённом пространстве (как, например, музыкальные инструменты в оркестре), а соответствовать драматургии звукового, в частности, музыкального, произведения. Также драматургические задачи способны решать и диффузные, реверберационные фонографические компоненты, не оставаясь лишь средством усиливать слушательские ощущения присутствия в филармоническом зале.

И идея Глена Гульда о квадрофонической записи четырёхголосной фуги И. С. Баха родила желание создать пространственный звуковой спектакль, используя в звуковой картине не только стационарные азимуты для локализации каждого голоса, но и пространственную динамику, панорамирование, замещение тембров, единую и разнородную реверберации. И всё то, что давно знакомо, и, казалось бы, подробно изучено в опытах со стереофонией, открыло новые выразительные возможности, особенно в области *многопространственности*, этого важного фонографического феномена.

Для эксперимента были выбраны несколько прелюдий и фуг из двухтомного сборника И. С. Баха «Хорошо темперированный клавир». Да простят меня музыковеды за вольную инструментовку материала, да ещё с использованием исключительно сэмплированных звучаний; оправдаюсь тем, что в данном исследовании можно было пока обходиться без «живых» инструментов, — ясно, что их появление в звукоизобразительном пространстве только обогатит затею. Сообщаю также, что в записи нет ни одной небаховской ноты, а инструментальное переложение нужно было только для увеличения числа фонографических персонажей и мизансцен.

Общие закономерности, касающиеся предварительной подготовки материала и его колористической обработки, для объёмных звуковых картин сохраняются. Разница состоит в дополнительных особенностях пространственной фонографической композиции, способах использования реверберации и технике панорамного регулирования.

Аудиоредактором на базе РС, максимально оптимизированным для работы в формате 5.1 и позволяющим на базе 6-канального материала изготовить **DVD AUDIO**, сегодня является компьютерная программа «**Samplitude PRO v.8**». Наверняка, это не единственное средство для достижения указанных целей; в конце концов, каждый звукорежиссёр волен выбирать себе рабочий инструмент. Но свойства программы «**Samplitude PRO v.8**», по меньшей мере, явятся для нас хорошим демонстрационным пособием на этапе изучения принципиальных технологических возможностей при создании пространственных фонографий.

Разумеется, для работы с пространственным звуком персональный компьютер должен быть оснащён звуковым устройством, содержащим, по меньшей мере, 6 автономных каналов воспроизведения, иметь достаточное быстродействие (рабочая частота центрального процессора — минимум 2 ГГц) и объём ОЗУ не менее 1 Гб.

§ 12-1. Пространственная фонографическая композиция

На иллюстрации 12-1 приведено поле расположения электроакустических и виртуальных источников звука в пятиканальной системе передачи (6-й, супернизкочастотный канал не оказывает влияния на локализацию пространственных квазиобъектов и здесь не рассматривается). В пространственной картине с неподвижными виртуальными источниками звука можно указать 19 областей (в том числе 5 конкретных точек — LF, C, RF, LB и RB), где слушателю доступно определение азимута:

1. LF — левая фронтальная электроакустическая система.
2. C — центральная передняя электроакустическая система.
3. RF — правая фронтальная электроакустическая система.
4. LB — левая тыльная электроакустическая система.
5. RB — правая тыльная электроакустическая система.

6. LF/ 2 — «полу-левый» виртуальный источник звука.
7. RF/2 — «полу-правый» виртуальный источник звука.
8. BM — тыльный центральный виртуальный источник звука.
9. LM — левый средний (боковой) виртуальный источник звука.
10. RM — правый средний (боковой) виртуальный источник звука.
11. Область виртуального источника звука, примыкающая к левой фронтальной акустической системе.
12. Область виртуального источника звука, примыкающая к правой фронтальной акустической системе.
13. Область виртуального источника звука, примыкающая слева к центральной передней акустической системе.
14. Область виртуального источника звука, примыкающая справа к центральной передней акустической системе.
15. Область центрального виртуального источника звука, приблизительно совпадающая с местом расположения слушателя.
16. Область квадранта LF, где без большой определённости локализуется виртуальный источник звука, находящийся где-то между слушателем и левой фронтальной акустической системой.
17. Область квадранта RF, где без большой определённости локализуется виртуальный источник звука, находящийся где-то между слушателем и правой фронтальной акустической системой.
18. Область квадранта LB, где без большой определённости локализуется виртуальный источник звука, находящийся где-то между слушателем и левой тыльной акустической системой.
19. Область квадранта RB, где без большой определённости локализуется виртуальный источник звука, находящийся где-то между слушателем и правой тыльной акустической системой.

В любую из пар указанных точек (областей) можно помещать стереофонические источники, файлы записей которых расположены в соответствующей дорожке аудиоредактора. Опыт показал, что виртуальные объекты пространственной звуковой картины, имеющие иллюзорную протяжённость, в отличие от точечных, локализуются слушателем гораздо увереннее, особенно в областях 16-19.

Пока что речь идёт о звучаниях, не имеющих диффузной окраски. При добавлении сигналов ранних отражений или полной

реверберации кажущийся источник удаляется в направлении начального азимута, так что число мизансценических областей может быть существенно увеличено.

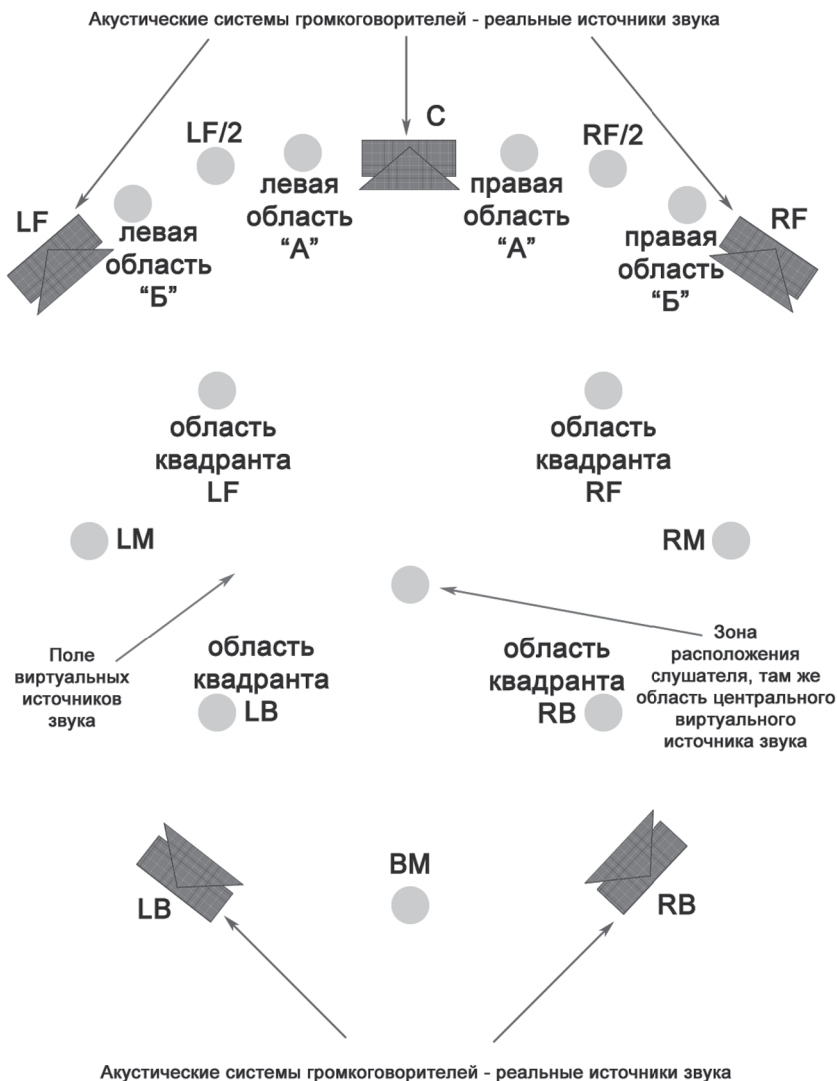


Иллюстрация 12-1

Примечание: для тыльных каналов звукопередачи часто употребляется выражение «surround L» или «surround R».

Характерно, что в пространственных фонографиях по мере отклонения квазиобъектов от излучателей слуховая локализация иногда дополняется иллюзией вертикального смещения. Это особенно свойственно виртуальным источникам, обладающим диффузной окраской. Так, наверное, проявляется психоакустический феномен: раз невидимый источник находится вне области, доступной зрению, то он может быть и наверху.

В процессе экспериментов выяснилось также, что при использовании боковых азимутов поворот головы слушателя в ту сторону, откуда звучит виртуальный источник, конкретизирует пространственное положение последнего. Действительно, если квазиобъект локализован в левой срединной области, и мы поворачиваемся влево, то наш слух оказывается в условиях привычного бинаурального восприятия звука, излучаемого левыми акустическими системами. Это обстоятельство, пожалуй, можно использовать для управления слушательским вниманием, для создания фонографических акцентов.

Для подчёркивания активности тыльных каналов в них лучше размещать голоса, обладающие яркой атакой, широким частотным спектром, независимо от громкости звучания, например, клавишин.

Каждый канал программного пульта «**Samplitude PRO v.8**», кроме стандартного набора «цепей прохождения сигнала» в режиме работы 5.1 имеет специфический панорамный регулятор «**Surround Panning Module**», доступ к управлению которым осуществляется правой кнопкой мыши. По сути, с его помощью аудиоредактор распределяет сигналы между пятью программными выходными шинами, соответствующими пяти выходным цифроаналоговым преобразователям и мониторным цепям (физические коммутации выбираются в окне «**Project Surround Setup**» панорамного регулятора). Шестой выходной канал (**LFE**) отвечает от предыдущих сигналы с верхней граничной частотой спектра 40-100 Гц., в зависимости от свойств низкочастотного (**Subwoofer**) воспроизводящего устройства (см. иллюстрацию 12-2).

Собственно панорамный регулятор может быть представлен в 4-х вариантах, согласно иллюстрациям 12-3 ÷ 12-6.

Вариант «**Sound field**» (звуковое поле, — см. иллюстрацию 12-3) — наглядная модель фонографического пространства. Числа

в децибелах, написанные около каждой из областей электроакустического излучения, показывают относительный уровень передачи сигнала в том или ином канале звуковоспроизведения. Множественные концентрические окружности (область дивергенции, — расходимости, пространственной «несфокусированности») соответствуют псевдоувеличению ширины стереообраза (параметр «**Width**»).

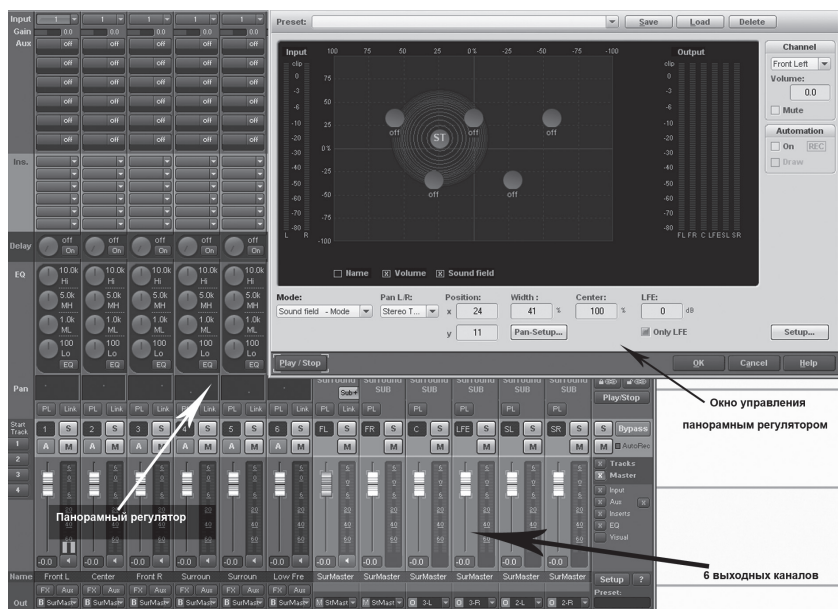


Иллюстрация 12-2

Если монофонический источник звука может оставаться точечным, то для двухканального материала в регуляторе «**Sound field**» существует несколько способов перемещения «**Pan L/R**»: с сохранением исходных стереофонических параметров, точнее, виртуальной ширины стереоизображения; панорамирование в направлениях «тыл-фронт», «слева-направо», или симметрично относительно области 15 (см. список выше), с вращением; в трёх последних случаях доступно изменение кажущихся размеров стереобазы.

Вариант «**Panning Law**» (укладка, разнос, — см. иллюстрацию 12-4) по своему интерфейсу напоминает предыдущий, но, благодаря отсутствию областей дивергенции, и чёткому прямоугольнику, ограничивающему физическое пространство, многим пользователям представляется более понятным. К тому же, здесь уровень

передачи сигнала индицируется для всех каналов, а не только для входящих в зону дивергенции, как в варианте «**Sound field**».

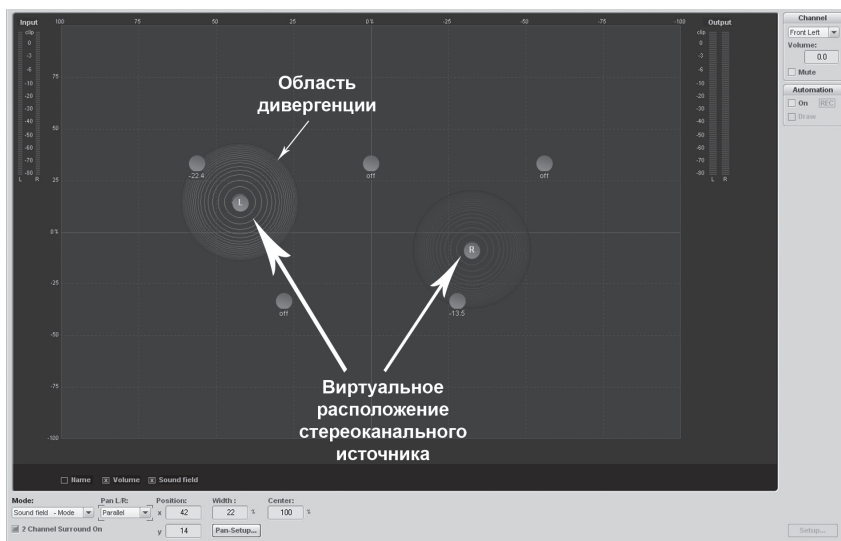


Иллюстрация 12-3

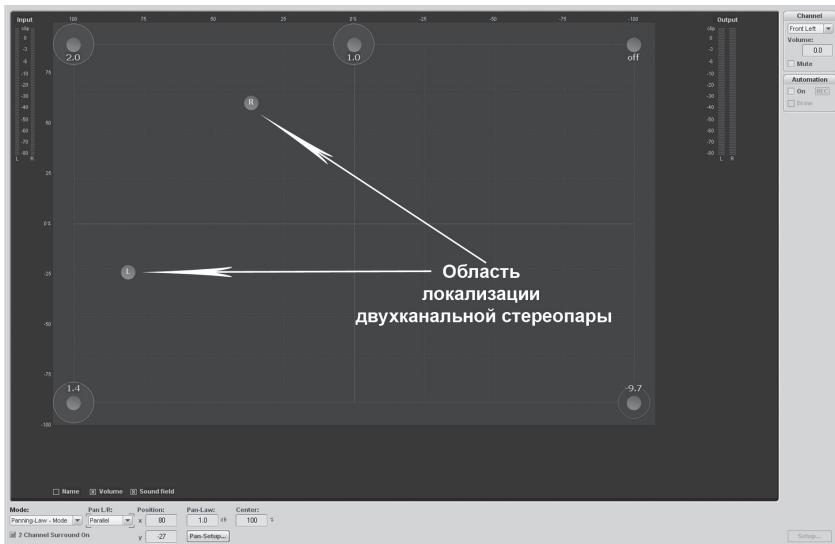


Иллюстрация 12-4

Параметр **Center**, устанавливаемый в диапазоне 0÷100%, помогает уточнить азимуты в областях 11–14; когда он максимальный, — локализация квазиобъектов в возможных позициях «полулевого» и «полуправого» пространств более очевидна. При нулевом его значении фронтальная фонографическая плоскость вырождается в стереофоническую с обычными бинауральными эффектами.

На иллюстрации 12-5 изображён вариант панорамирования «**Corner**» (угол). Здесь отчётливо видна часть пространства, которое занимает стереофоническое изображение. Параметр «**Breite**» (от нем. «ширина») устанавливает виртуальную ширину стереобазы.

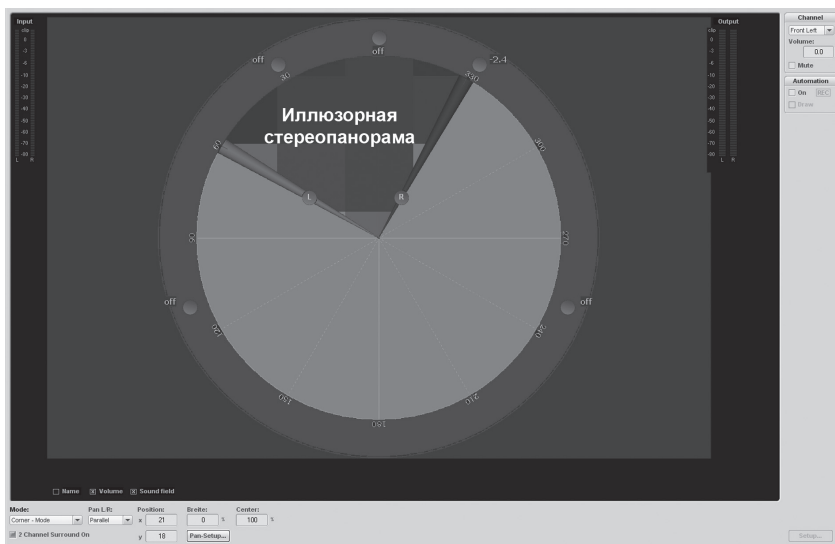


Иллюстрация 12-5

И, наконец, вариант «**Matrix**» (матрица), согласно иллюстрации 12-6, позволяет устанавливать коэффициенты передачи в каждом канале, что, в совокупности, определяет слуховую локализацию моно- или стереообъекта в пространственной звуковой картине (иллюстрация относится к стереоварианту, о чём свидетельствуют 2 входных сигнала регулировочной матрицы — L и R).

В режиме «**Matrix**», пожалуй, удобно работать коллегам, предпочитающим оперировать числовыми значениями. Здесь также целесообразно проводить эксперименты по локализации

виртуальных точечных источников звука в пространственной картине: количественные данные этих опытов могут быть использованы для создания предварительных установок («**Presets**») панорамных регуляторов. Дело в том, что обилие возможностей пространственного панорамирования в системе 5.1, с одной стороны, способствует огромному увеличению азимутальных фонографических деталей, даже при неподвижных виртуальных источниках звука, но, с другой стороны, существенно замедляет работу звукорежиссёра из-за множества вариантов, регуляторов, установочных параметров, т. п. Поэтому автор настоятельно рекомендует создать какое-то количество заведомых настроек, чтобы, по меньшей мере, отталкиваться от них и сокращать время поиска.

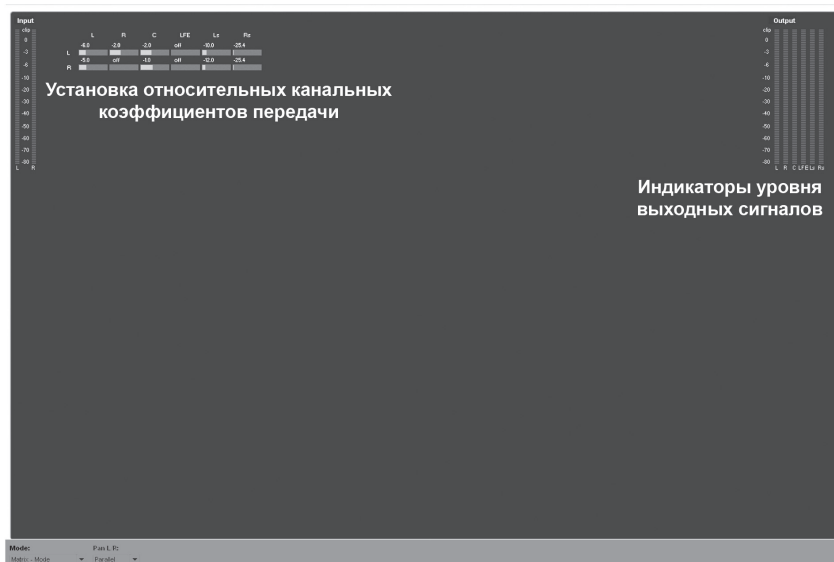


Иллюстрация 12-6

Все перечисленные панорамные регуляторы открываются не только в программном пульте «**Samplitude PRO v.8**», но и в окне редактора любого сколь угодно малого объекта **VIP**, так что и в отношении пространственной звуковой картины эта программа компьютерного аудиоредактора сохраняет свои богатые возможности по ювелирной отделке.

Кнопка «**Pan setup**» открывает доступ к установочным параметрам панорамных регуляторов (иллюстрация 12-7), и выбирается связь между движением символа объекта в окне любого регулятора и степенью перемещения в пространстве виртуального источника звука. Если для неподвижных квазиобъектов данные настройки не являются актуальными, благо слуховая локализация поверяется эмпирически, то характер регулирования необходимо устанавливать для получения оптимальных результатов при осуществлении пространственной динамики.

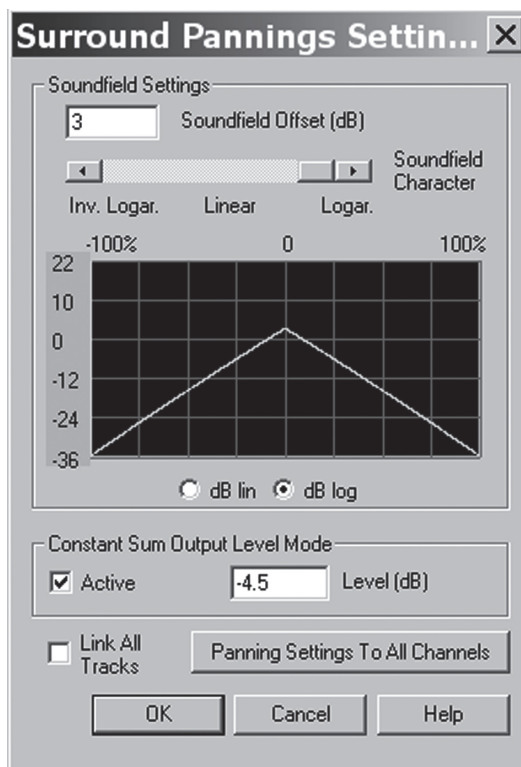


Иллюстрация 12-7

§ 12-2. Пространственная динамика

Известно, что статика не так способна пробудить человеческую фантазию, как изменения, особенно неожиданные. Динамика

всякий раз даёт новый импульс к творческому восприятию любой информации — семантической или эстетической.

В пространственной фонографии статическая композиция виртуальных объектов может порой показаться навязчивой, вызывать скуку, особенно если само звуковое произведение не изобилует особой драматургией. Слушатель быстро примет на веру и своё «как бы нахождение в филармоническом зале», и своё «как бы расположение внутри оркестра». Засим звукопространственное действие завершится, и восторжествует музыкальная самодостаточность. Замечательно! Однако для чего же, в таком случае, квадрофонические или даже стереофонические изыски в передаче звуков?

А ведь аналогичные вопросы в истории искусств звучали не раз. Например:

Зачем фотография на смену живописи?

Зачем ракурс в кинематографическом изображении?

Зачем цветное фото на смену чёрно-белому?

Зачем звуковое кино на смену немому?

И ответы на эти вопросы, пожалуй, несложные. Всякий подобно вопрошающий отказывался понимать, что имеет дело с рождением нового искусства, отнюдь не уничтожающего своих предшественников, а наоборот, впитывающего огромное богатство многовековых опытов и лишь облекающего этот кладёз в новые формы, возникшие благодаря очередной ступени развития зрительного или слухового восприятия и техническому прогрессу, в большой степени направленному на удовлетворение человеческого любопытства, в том числе и художественного.

Сегодняшней фонографии, особенно многоканальной, доступны многие пространственные трансформации: изменение виртуальных размеров квазиобъекта, перемена акустической среды, перемещения по любым траекториям, а также сложные динамические преобразования одновременно по всем признакам. И эта динамика рождает столь острые драматургические ощущения, что кажется, будто сам материал — музыка, речь или шумы обнажили новые качества своей акустической природы.

Прелюдии и фуги «Хорошо темперированного клавира» И.-С. Баха, с пятиканальным звукоизложением которых экспери-

ментировал автор этой книги, традиционно требовали деликатного звукоорежиссёрского отношения к ним; настораживала опасность вреда от фонографических привнесений. Но оказалось, что внедрённая звукоизобразительная динамика, в том числе тембровые трансформации с одновременным изменением пространственных азимутов, круговое панорамирование некоторых звучаний и неоднородные звуковые мизансцены, — всё это не умалило достоинств великого музыкального сборника, а лишь усилило то, что иной раз скрыто под сенью тембрового единства фортепиано, каковой монолит по сей день зовёт пианистов мира к благородным сражениям.

Говоря о пространственной фонографической динамике, мы будем рассматривать здесь способы изменения азимута точечного или стереофонического виртуального источника звука в системе 5.1.

Как уже говорилось, пространственное панорамное регулирование в компьютерном аудиоредакторе «**Samplitude PRO v.8**» может производиться как в программном пульте, так и в любом объекте дорожки **VIP**, стоит лишь в окне редактора объекта включить опцию «**Surround Send**» (кнопка «**Output**» в секции панорамного регулятора — позиция «**SurMaster**»). При этом данный регулятор становится приоритетным, а панорамные установки пульта для данной дорожки дезавуируются*.

Изменение азимутальных позиций при переходе от объекта к объекту в пределах дорожки будет происходить за время действия разделительного участка (**crossfade**). Поскольку длительность последнего варьируется в широких пределах, то и азимутальная динамика может быть плавной или скачкообразной.

Так как объекту доступны также вариации других параметров сигнала (громкость, частотная коррекция, специфическая обработка, звуковысотное изменение, т. п.), то динамика звуковой картины обогащается; часто новый характер звучания делает для слушателя более оправданным и азимутальную перемену.

* Это обстоятельство необходимо учитывать, если хотя бы для одного, сколь угодно малого объекта планируется собственный пространственный азимут. В этом случае, ещё до разбивки материала дорожки на локальные объекты, необходимо «обнулить» для данного канала генеральные панорамные установки.

Известно, что *plug-in*, применённый к объекту **VIP**, действует лишь во временных границах объекта. Поэтому, если обработка звука, например, реверберация, не должна заканчиваться с концом объекта, последний располагают на отдельной дорожке, панорамный регулятор которой может быть настроен на иной азимут.

Программа «**Samplitude PRO v.8**» позволяет реализовать перемещение виртуального источника звука по любой траектории во временных пределах выделенного (**Range**) фрагмента звучания (иллюстрация 12-8). Для этого в окне канального панорамного регулятора **Surround Panning Module** включается режим **Automation — Draw** и пиктограмма квазиобъекта мышкой передвигается по желаемой линии. Разумеется, чем короче выделенный участок, тем быстрее, при той же траектории, будет движение.

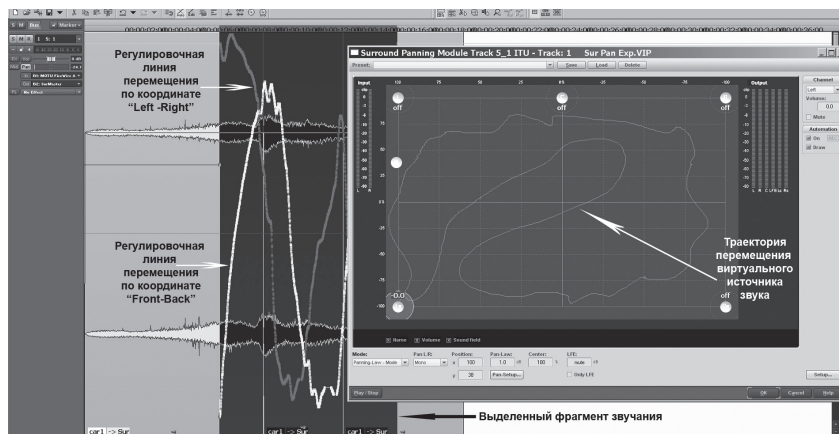


Иллюстрация 12-8

Заметим, что выделение фрагмента на дорожке никак не связано с разбиением звукозаписи на отдельные объекты **VIP**, для каковых азимутальные регулировки остаются приоритетными. Поэтому ещё более важной становится заведомая режиссёрская экспликация в части пространственной динамики, ибо регулировочная иерархия, если её игнорировать, внесёт путаницу при создании объёмной фонографии.

§ 12- 3. Многоплановость и реверберация в пятиканальной фонографии

У диффузных сигналов, употребляемых здесь, существует, по меньшей мере, две ипостаси: реверберация (натуральная или искусственная) как средство формирования единой иллюзорной акустической обстановки в поле пяти электроакустических излучателей, и реверберация как способ отчуждения, создания инопространственной мизансцены, переноса действия в другую среду (или время). Для каждой из этих целей можно указать на определённые совокупности параметров, суть и смысл которых уже известны читателю, знакомому со стереофонической фонографией.

Создание общеакустического диффузного пространства

Поскольку пятиканальная (впрочем, даже квадрофоническая) система звукопередачи претендует на большую изобразительную достоверность, и психоакустические свойства человека здесь проявляются гораздо активнее, то изложение диффузных сигналов должно содержать значительно большее число признаков, свидетельствующих о неоднородности реального или виртуального замкнутого пространства. Действительно, пусть даже некоторая архитектурная конструкция геометрически оказывается идеально симметричной во всех направлениях (что, конечно же, возможно лишь теоретически), — достаточно чуть неравномерного заполнения этого пространства креслами, публикой, различными источниками звука, как ни о какой изотропности акустического поля вести речь уже нельзя! А между тем, при традиционных способах микрофонной передачи или применении электроакустических приборов и программных *plug-ins* это обстоятельство никак не учитывается.

В главе «**ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ**», в части о стереофоническом использовании устройств искусственной реверберации, — уже рассматривалась анизотропность левого и правого направлений. Попробуем определить принципы формирования диффузных полей при многоканальной звукопередаче.

Прежде всего, заметим, что использование для этой цели центрального переднего канала воспроизведения необязательно, если

не сказать нецелесообразно: его электроакустическая конкретность в известной степени будет противоречить свойствам рассеянных звуковых сигналов. Разве что необходимость локальной концентрации ранних акустических отражений заставит применить его в какой-то специфической ситуации.

Если для изложения общей акустической обстановки используется естественная реверберация, то расположение микрофонов может быть достаточно произвольным; области их нахождения адекватны точкам электроакустического излучения или их комбинациям, в том числе и с созданием виртуальных зон (подобно показанным на иллюстрации 12-1 **LF-LM, LM-LB, RF-RM, RM-RB**). Надо только учесть, что сигналы совмещённых стереомикрофонов меньше передают акустическую анизотропность, чем при микрофонной системе АВ, причём с увеличением расстояния между микрофонами значительно возрастает ощущение пространственного дифференциала.

Характеристики направленности монофонических микрофонов М1–М4, показанных на иллюстрации 12-9, не имеют решающего значения, хотя предпочтение, как известно, следует отдавать приёмникам звукового давления.

При многоканальной передаче возможно любое сочетание сигналов всех применённых микрофонов и их любая локализация во вторичном, виртуальном звуковом поле. Многообразие натуральных акустических эффектов допускает такое же огромное количество вариантов диффузного рисунка, и критерий выбора, как всегда, — художественная правда. Однако, если во главу угла ставится задача максимального совпадения пространственных ощущений от звуковой картины с их естественным ожиданием, то необходимо учитывать закономерности в геометрическом распределении прямых сигналов акустического источника и сигналов ранних диффузных отражений, локализуемых, конечно, в тех же направлениях.

Применение искусственной реверберации, независимо от средств, её создающих, в многоканальных системах пространственной звукопередачи чаще всего чревато ненатуральностью именно из-за преувеличенной азимутальной симметричности. Поэтому, если в стереофонической фонографии использование двух ревербераторов (см. иллюстрацию 5-22 в главе **«ФОНОГРАФИЧЕСКАЯ КОМПОЗИЦИЯ»**) продиктовано, в первую очередь,

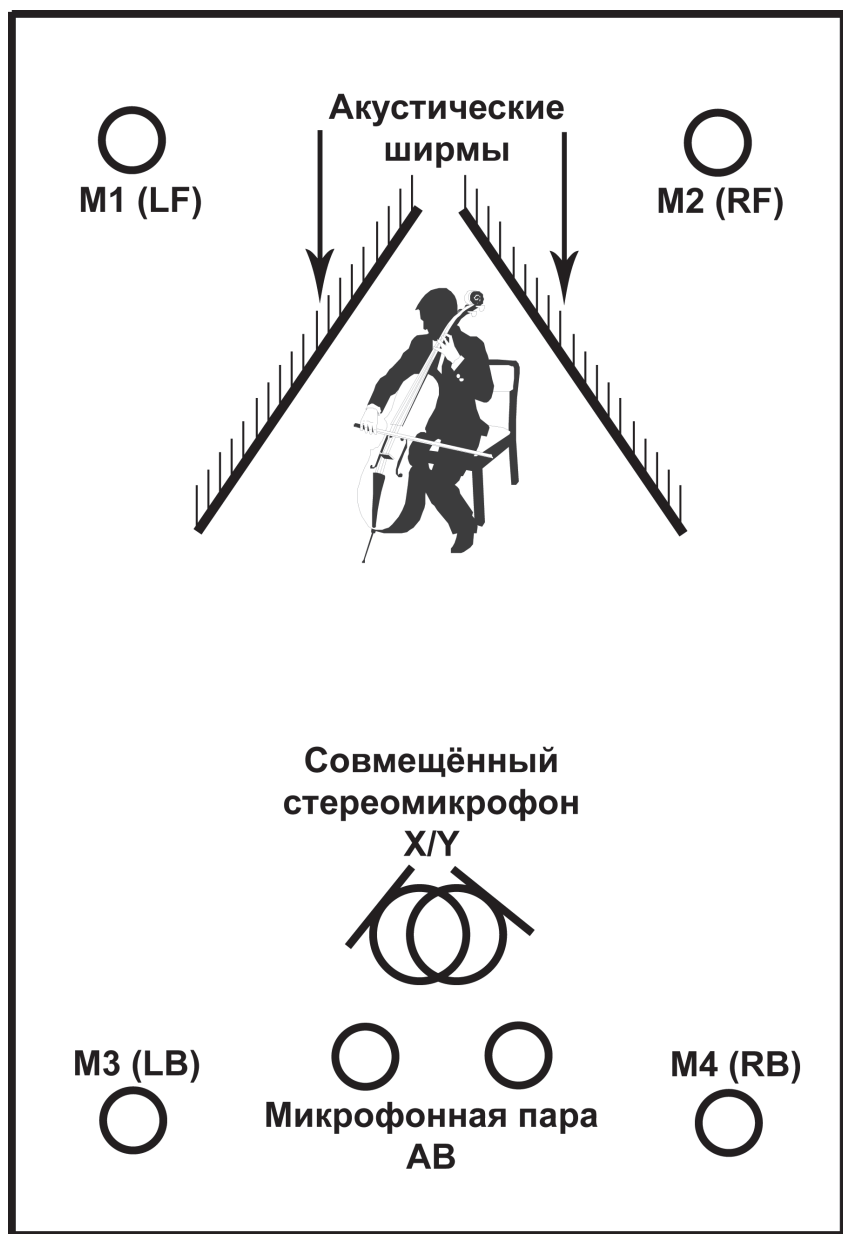


Иллюстрация 12-9

необходимостью дифференцировать левое и правое направления, то здесь, по меньшей мере, два прибора (физических или программных)

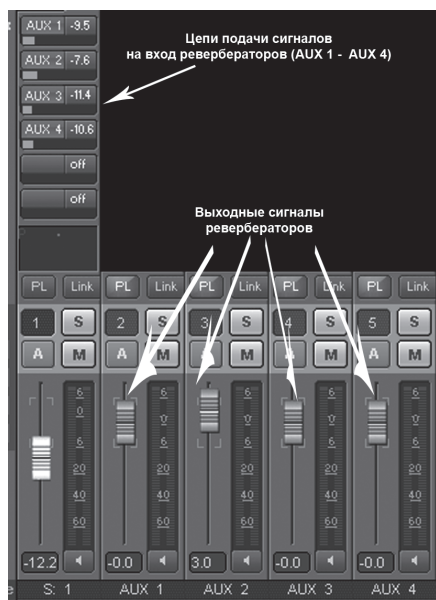


Иллюстрация 12-10

определяются заданным пространственным рисунком, азимутальным средоточием ранних отражений, предположительным местом восприятия (так, режиссёр может создать иллюзию расположения слушателя у задней стены филармонического зала или в его первых рядах).

На иллюстрациях 12-10 и 12-11 показаны соответственно фрагмент программного пульта «**Samplitude PRO v.8**» и области, где

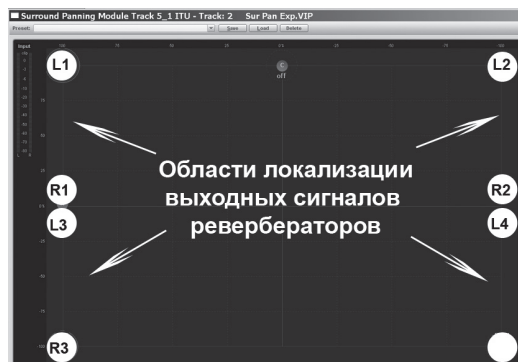


Иллюстрация 12-11

включаемых хотя бы с небольшой разницей параметров, призваны реализовать акустическую диффузную анизотропию.

Для создания общего иллюзорного фонографического пространства уже сформированной композиции виртуальных объектов, как правило, используются цепи «AUX», где собираются в определённой пропорции сигналы всех источников; эта сумма, по сути, является единым входным сигналом всех ревербераторов. Что до выходных продуктов, то их уровень, частичная стереофоническая локализация и параметрические установки

локализуются выходные стереосигналы ревербирующих **plug'ins**: L1R1, L2R2, L3R3 и L4R4. Ревербераторы 1 и 2 формируют ранние акустические отражения, а 3 и 4 — затухающие сигналы поздней стадии. Виртуальный звуковой объект при этом локализован в середине фронтальной части картины;

восприятие пространства предполагается из центра концертного зала.*

Разноплановость в пространственном звукоизображении

Для создания различных фонографических планов используются все хорошо известные нам способы удаления или приближения виртуальных звуковых объектов. Но поскольку, как уже было сказано в этом параграфе, пространственное изображение претендует на большую акустическую реальность (пусть и виртуальную), чем фонография бинауральной стереофонии, то к взаимному соответствию между всеми коррелятами удалённости здесь необходимо относиться особенно строго. Сработает феномен психоакустики: чем больше возможное число признаков достоверности, тем заметнее любой обман, любая неточность!

Ощущение фонографической неправды, к примеру, возникает, если для удалённости виртуального точечного объекта используются полноценные сигналы монофонического ревербератора: то, что было вполне приемлемым в одноканальной звукопередаче, и в минимальной степени допускалось в стереофонии, при многоканальном объёмном рисунке, когда звучащее пространство окружает слушателя со всех сторон, наличие реверберационной окраски с конкретным азимутом — нонсенс. Здесь целесообразнее применять локальную диффузную окраску квазиобъекта небольшими сигналами ранних отражений или даже однократного акустического рефлекса.

Разумеется, сказанное не относится к эстетической сфере, где в аномалиях значительно больше художественной выразительности, чем в протокольном естестве.

Нужно заметить, что фонографическое обращение к различным пространствам, в том числе, звучащим одновременно, при многоканальной передаче вообще не вызывает слушательского недоумения, и не требует педантичной драматургической мотивировки.

* При использовании ревербератора в канале **AUX** его выходной коммутатор следует включить в позицию **Surround Master**. В противном случае диффузные сигналы будут локализованы автоматически в передней стереобазе **LF-RF**.

Достаточно малейшего смыслового намёка на существование какого-то «соседнего» помещения, не говоря уже о сложных хронологических сочетаниях, ретроспективах, т. д.

§ 12-4. Использование временных задержек сигналов в системе пространственной звукопередачи 5.1.

Здесь пойдёт речь не о тех функциональных задержках звуковых сигналов, которые существуют в больших кинозалах для компенсации неоднородности слушательского восприятия на разных местах, а о задержках, с помощью которых создаются фонографические пространственные преобразования звучаний, полученных из монофонических или псевдостереофонических записей.

Кроме решения уже известных читателю задач по созданию кажущейся протяжённости звуковых объектов, временные задержки сигналов помогают уточнить азимут источников, локализуемых, в частности, в боковых плоскостях пространственной звуковой картины.

Если для получения центрального виртуального источника звука в бинауральной стереофонии достаточно синхронно-синфазной и равноуровневой работы двух фронтальных громкоговорителей, то подача одинаковых сигналов в передний и тыльный излучатели одной стороны отнюдь не приведёт к точному «зрительному» ощущению середины боковой базы. Во-первых, в этом случае не действует классический бинауральный механизм центральной слуховой локализации: два уха получают сигналы, отличающиеся по интенсивности, по спектру, по времени прихода, и звуковой источник будет локализован, конечно же, *где-то сбоку*, но с заметным креном в сторону переднего громкоговорителя. Во-вторых, сигналы тыльного излучателя воспринимаются с ощутимым спадом АЧХ в высокочастотной области, и это катализирует ошибку в локализации.

Конечно, указанные недостатки могут быть скомпенсированы как изменением амплитуды одного из сигналов, так и изменением частотной характеристики звукопередачи, но и то, и другое нецелесообразно с точки зрения совместимости 5-канальной записи с обычным стереовариантом.

Лучше, если коррекция бокового азимута произведена подачей в односторонние фронтальный и тыльный громкоговорители двух сигналов с небольшим временным сдвигом ($0,5 \div 7$ мсек.). Когда тыльный громкоговоритель работает с опережением, это компенсирует смещение вперёд воспринимаемого азимута.

Аналогичным образом можно поступить при использовании диагональной пары излучателей для создания центрального виртуального объекта (надо заметить, что он всегда локализуется слушателем «над головой», — действительно, не внутри же человеческого тела что-то звучит!).

Величина времени задержки связана не только с геометрическими слушательскими ощущениями, но и с характером атак звукового источника. Временные сдвиги могут быть сверх указанных, если длительность атаки сигнала значительна, как, например, у органа.

Разумеется, наличие временной задержки снижает «точечность» виртуального источника звука, — срабатывает психоакустический механизм формирования кажущейся акустической протяжённости.

Попробуйте разместить один и тот же монофонический источник в 4-х каналах воспроизведения со взаимными задержками, например, по отношению к исходному сигналу, локализованному в канале **LF**: $\Delta RF \sim 7 \div 30$ мсек.; $\Delta RB \sim 22 \div 66$ мсек. и $\Delta LB \sim 35 \div 90$ мсек., где Δ — временной сдвиг (см. иллюстрацию 12-12).^{*} Произойдёт делокализация звука — ощущение точечности виртуального источника потеряется полностью.

Добавление реверберации к этой группе звуков создаёт ощущение почти реального пространственного окружения. Такой рисунок очень убедителен для изложения гармонических педалей, ненавязчиво заполняющих весь звучащий объём. Но не только пространственная звуковая педализация может быть решена таким способом. Точечный объект, даже конкретный, «неразмытый», излучаемый отовсюду с взаимными задержками, даст экзотическое звукоизображение того, что, к примеру, сформулировала Дина Рубина, описывая характер своего героя: «...состояние неприсутствия в данной временной и координационной точке, вернее, возможное присутствие одновременно во всех координационных точках времени и пространства».

^{*} На иллюстрации 12-12 видна неодинаковость интенсивности сигналов в разных каналах передачи. Это связано с временной психоакустической маскировкой.

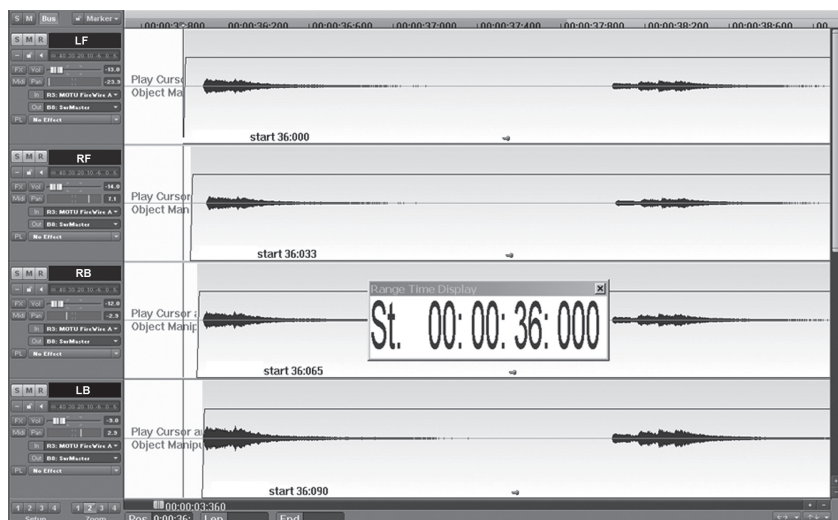


Иллюстрация 12-12

Следует сказать, что локализация виртуальных источников звука, помещаемых режиссёром в боковые стороны пространственной картины, происходит с большей достоверностью, если у слушателя есть возможность одновременного наблюдения двух или более объектов; какие-то звучания при этом могут исходить из конкретной акустической системы, — в их присутствии кажущийся источник также воспринимается как реальный.

Пространственный рисунок, с его множественными изобразительными перспективами допускает также и множественные размерные дисторсии, особенно, если таковые напрямую связаны со звуковыми планами. Так что 5-канальные фонографии просто обязаны отличаться смелостью режиссёрских решений, неожиданностью азимутальных сочетаний, пространственной динамикой, имеющей не только формальную логическую обоснованность, но несущей в себе метафорическую выразительность.

И если монофоническая звукопередача или даже стереофония, прежде всего, демонстрирует достоинства музыкального артиста, то пространственное звукоизображение — прямой путь утверждения художественных возможностей звукорежиссуры.

§ 12-5. Технологические особенности сведения многодорожечного звукового материала в системе 5.1.

В процессе многоканальной перезаписи пространственного звукового материала в компьютерном аудиоредакторе «**Samplitude PRO v.8**» можно получить 6 монофайлов (**L**, **R**, — соответствующим боковым фронтальным выходным каналам; **C** — центральный фронтальный канал; **Ls**, **Rs**, — тыльные выходные каналы и **LFE** — супернизкочастотный канал) или 3 стереофайла, объединяющие соответственно каналы **L-R**, **Ls-Rs** и **C-LFE**. 6-файловый вариант используется для создания записи в формате **DVD-Audio**, изготовляемой непосредственно в аудиоредакторе.

Для ответвления сигналов из всех выходных смесей в канал **LFE** программа использует либо стандартный ограничительный фильтр НЧ, либо фильтр, использующий быстрое преобразование Фурье (**FFT**). Последний работает с задержкой во времени приблизительно в 80 мсек. Частота среза фильтров, по умолчанию, составляет 100 Гц. Очевидно, приведенный параметр базируется на менее чем среднем качестве воспроизведения низких частот дешёвыми электроакустическими устройствами. На практике, конечно, это значение можно не менять, тем более, что каждый потребитель имеет возможность регулировки уровня воспроизведения этого диапазона отдельным излучателем «**Subwoofer**».

Указанная часть спектра не влияет на слуховые пространственные ощущения.

В этой главе уже говорилось о том, как организуются панорамные регулировки и какие особенности работы программы необходимо при этом учитывать. Следует напомнить ещё раз, что в режиме «**Surround send**» (включается в окне редактора объекта установкой переключателя **Output** секции **Pan/Mute/Invert** в позицию **SurMaster**) канальный регулятор уровня передачи, канальный панорамный регулятор и канальная функция «**Freeze**» деаудируются. Так же не действуют *plug'ins*, включённые в дорожку (канал): все редакции теперь применимы только к объекту. Поэтому ручную динамическую или выборочную частотную коррекцию голоса, а также локальную специфическую обработку звука в пределах дорожки нужно делать до осуществления пространственного панорамирования.

Впрочем, не исключено, что в последующих версиях пространственных аудиоредакторов эти неудобства будут исключены.

При построении сложных пространственных звукоизобразительных композиций огромное число действий с исходным материалом, включение всякого рода специфических обработок, применение *plug'ins*, в том числе сложных реверберационных, заметно нагружает центральный процессор компьютера и воспроизведение звука в реальном времени может вызвать досадные сбои в работе программных аудиоредакторов. Поэтому рекомендуется всякий возможный раздел музыкального произведения обрабатывать и соединять в 6-канальный звуковой файл как отдельный фрагмент. Разумеется, что при выполнении этих частичных работ по организации звукового материала постоянство мониторных условий приобретает особенное значение.

Операция «**Track Bouncing**», применённая к структуре **Surround Sound** в стереофоническом режиме, производит автоматическое совмещение 5-канальной группы звуков в двухканальный вариант. Конечно, при этом можно ограничиться проверкой громкостного баланса, но всё равно пространственная картина своей спецификой настолько отличается от стереофонической, что целесообразно реконструировать проект и создать отдельное звукозрелище для бинаурального прослушивания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За 7 лет, прошедших с первого издания книги «**Звуковая картина**», я получил много благодарностей от коллег и студентов за этот труд. Я глубоко признателен своим нынешним читателям, и, обращаясь к будущим, как и прежде, надеюсь, что они с должным энтузиазмом изучат науки, которым обязано наше профессиональное мастерство. Фундаментальные труды по физической и музыкальной акустике, электроакустике и звуковых свойствах архитектуры, исследования в области слуховых восприятий, история и теория музыки, инструментоведение — ничто из перечисленного не должно уйти от нашего внимания.

В силу профессиональной специфики автора, почти исключительно занимающегося студийной музыкальной звукорежиссурой, в книге не освещены вопросы, связанные со звуковым оформлением кинофильмов, с работой звукорежиссёров концертных залов, телевидения и радиовещания. Я не сомневаюсь, что профессионалы разных направлений смогут, при необходимости, применить полученные сведения в своих областях.

Книга, материалы которой собирались мною теперь уже более трети века, к сожалению, не поспевает за бурным развитием техники и эстетики звукорежиссуры самых последних лет, и не может отразить в каждой своей части современные сегодняшнему читателю концепции и технологии. Но сущности новых открытий вряд ли существенно отличаются от фундамента, на котором построены предлагаемые читателю рассуждения.

Я по-прежнему уверен, что звукорежиссёры, плодотворно действующие в иных прикладных сферах, и исповедующие собственную методологию, доведут **свой опыт** до сведения читателей, утвердив тем самым в очередной раз профессиональную звукорежиссуру как вид художественного творчества.

Ещё раз выражаю глубокую благодарность моим коллегам, здравствующим и ушедшим, за то, что их труд влюбил меня в эту замечательную профессию, и подвигнул, как на написание этой книги, так и на её новую и дополненную редакцию.

*Виктор Динов, 12 августа 2007 г
Санкт-Петербург.*

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	9
Вступление	11
Глава 1. Оптико-акустические и зрительно-слуховые аналогии.	21
§ 1-1. Сравнение оптических и акустических явлений	22
§ 1-2. Аналогии в психофизиологическом восприятии звука и изображения	25
§ 1-3. Художественный аспект зрительно-слуховых аналогий	29
Глава 2. Технические средства звукорежиссера	33
§ 2-1. Электроакустические сигналы	33
§ 2-2. Источники и приёмники сигналов	42
§ 2-3. Функционально детерминированные устройства	52
§ 2-4. Устройства со свободным доступом	57
§ 2-5. Приборы для динамической обработки звуковых сигналов	69
Глава 3. Источники звука	87
§ 3-1. Звукообразование и характеристики направленности музыкальных инструментов	88
§ 3-2. Спектральные характеристики натуральных источников звука	97

§ 3-3. Динамические характеристики натуральных источников звука	100
§ 3-4. Электромузыкальные источники звуковых сигналов.	102
Глава 4. Микрофонный прием акустических объектов.	108
§ 4-1. Связь спектрального состава акустического сигнала и амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) электроакустического преобразования микрофона	112
§ 4-2. Связь характеристик направленности излучения и микрофонного приёма.	116
§ 4-3. Связь чувствительности микрофона с динамическими характеристиками источника звука	131
§ 4-4. Особенности стереофонического микрофонного приёма.	138
§ 4-5. Расположение артистов и микрофонов в тонателе	143
§ 4-6. Нестандартные способы микрофонного приёма.	149
Глава 5. Фонографическая композиция.	155
§ 5-1. Фонографическая плоскость	155
§ 5-2. Фонографическое пространство	165
§ 5-3. Акустическая обстановка.	169
§ 5-4. Плановое звукоизображение	172
§ 5-5. Техническая реализация фонографии.	181
§ 5-6. Формирование в фонографической картине акустической обстановки и диффузных признаков удаленности	199
§ 5-7. Понятие об акустическом ключе.	214

Глава 6. Фоноколористика	219
§ 6-1. Естественные тембры источников звука.	
Тембр и спектр.	220
§ 6-2. Пространственно-акустические влияния на тембр естественных источников звука.	231
§ 6-3. Регулируемая спектральная окраска.	237
§ 6-4. Темброво-спектральная композиция.	249
§ 6-5. Слуховая тренировка	260
§ 6-6. Исполнительские влияния на тембр	264
 Глава 7. Художественная палитра звукорежиссера	270
§ 7-1. Краткий обзор способов электроакустической обработки сигналов	273
§ 7-2. Динамическая коррекция амплитудно-частотных спектров звуковых сигналов.	276
§ 7-3. Имитация работы электроакустических устройств	283
§ 7-4. Намеренные искажения сигналов	285
§ 7-5. Управление временными параметрами звуков ..	289
§ 7-6. Звуковысотные вариации	293
§ 7-7. Задержки звуковых сигналов.	299
§ 7-8. Автоциклические модуляции при обработке звуковых сигналов	307
§ 7-9. Взаимная модуляция сигналов. Вокодер	318
§ 7-10. Диффузная окраска звука	322
§ 7-11. Создание искусственных формант	325
 Глава 8. Режиссерская организация музыкальных записей	331
 Глава 9. Фонографическая стилистика	342
§ 9-1. Основные виды фонографической стилистики	344

§ 9-2. Пространственно-акустические аспекты фонографической стилистики	348
§ 9-3. Тембральные аспекты фонографической стилистики	362
§ 9-4. Статичные и динамические звуковые изображения.	366
Глава 10. Редактирование фонограмм	372
§ 10-1. Перезапись многодорожечных (многоканальных) фонограмм	373
§ 10-2. Перезапись (сведение) многодорожечных фонограмм с использованием компьютерных аудиоредакторов.	384
§ 10-3. Монтаж фонограмм	404
§ 10-4. Монтажная организация в звукозаписи	424
§ 10-5. Редактирование смонтированного материала	427
Глава 11. Реставрация архивных записей.	
Премастеринг фонографий	431
§ 11-1. Дефекты архивных фонограмм	433
§ 11-2. Технологические этапы при реставрации архивных фонограмм	436
§ 11-3. Удаление щелчков в фонограммах	439
§ 11-4. Снижение шума в архивных записях	443
§ 11-5. Премастеринг фонографий	448
Глава 12. Пространственный звук.	453
§ 12-1. Пространственная фонографическая композиция.	459
§ 12-2. Пространственная динамика	467
§ 12- 3. Многоплановость и реверберация в пятиканальной фонографии	471

§ 12-4. Использование временных задержек сигналов в системе пространственной звукопередачи 5.1.	476
§ 12-5. Технологические особенности сведения многодорожечного звукового материала в системе 5.1.	479
Заключение.	481

Виктор Григорьевич ДИНОВ
ЗВУКОВАЯ КАРТИНА
ЗАПИСКИ О ЗВУКОРЕЖИССУРЕ
Учебное пособие

Издание четвертое, стереотипное

Victor Grigoryevich DINOV
AUDIO PICTURE
NOTES ABOUT AUDIO ENGINEERING
Textbook

Fourth edition, stereotyped

12 +

Координатор проекта *А. В. Петерсон*
Зав. балетной редакцией *Н. А. Александрова*

ЛР № 065466 от 21.10.97

Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб

Издательство «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ»
www.m-planet.ru; planmuz@lanbook.ru
196105, Санкт-Петербург, пр. Ю. Гагарина, д. 1, лит. А.
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72.

Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com
196105, Санкт-Петербург, пр. Ю. Гагарина, д. 1, лит. А.
Тел./факс: (812) 336-25-09, 412-92-72.

Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Книги Издательства «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ»
можно приобрести в оптовых книготорговых организациях:

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. ООО «Лань-Трейд»
192029, Санкт-Петербург, ул. Крупской, 13,
тел./факс: (812) 412-54-93,
тел.: (812) 412-85-78, (812) 412-14-45, 412-85-82, 412-85-91;
trade@lanbook.ru; www.lanpbl.spb.ru/price.htm

МОСКВА. ООО «Лань-Пресс»
109263, Москва, 7-я ул. Текстильщиков, 6/19,
тел.: (499) 178-65-85
lanpress@lanbook.ru

КРАСНОДАР. ООО «Лань-Юг»
350901, Краснодар, ул. Жлобы, 1/1, тел.: (861) 274-10-35;
lankrd98@mail.ru

Подписано в печать 15.07.16.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 60×90^{1/16}.
Печать офсетная. Усл. п. л. 30,50. Тираж 100 экз.

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета
в ПАО «Т8 Издательские Технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.

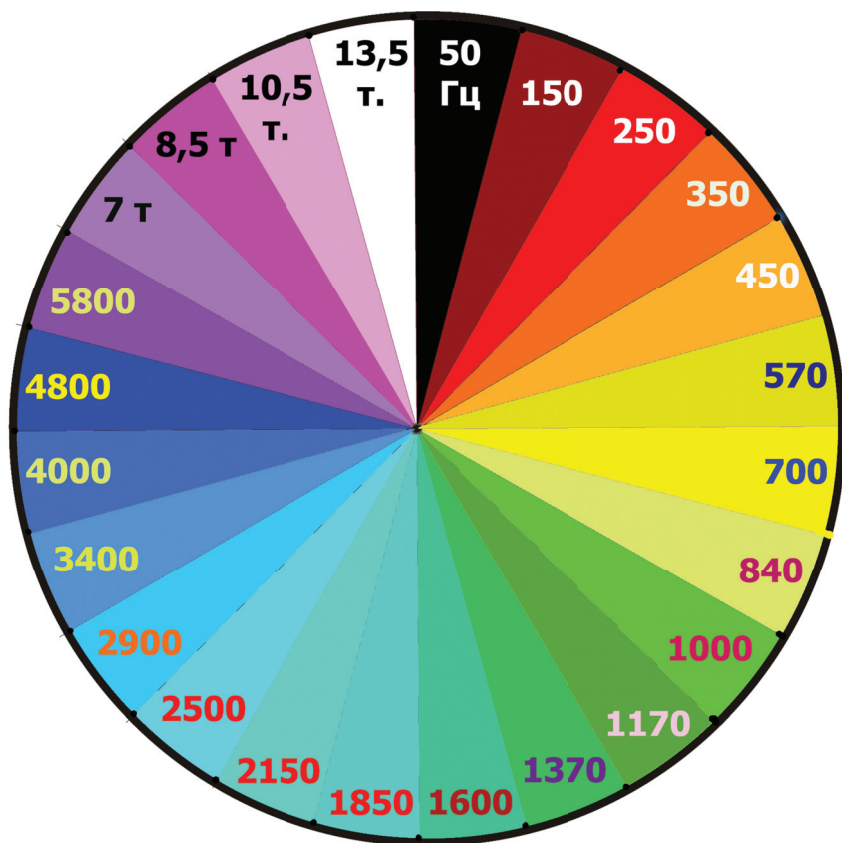


Иллюстрация 6-10