



Б. Я. МЕЕРЗОН

**АКУСТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЗВУКОРЕЖИССУРЫ**

ЧАСТЬ II

ГУМАНИТАРНЫЙ ИНСТИТУТ ТЕЛЕВИДЕНИЯ И РАДИОВЕЩАНИЯ имени М. А. Литовчина



Б. Я. МЕЕРЗОН

АКУСТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗВУКОРЕЖИССУРЫ

7. Курс лекций на I и II курсах
звукорежиссерского факультета

Часть 2

**ВОЗВРАТИТЕ КНИГУ НЕ ПОЗДНЕЕ
обозначенного здесь срока**

Москва
ГИТР
2001

УДК 621.39:612.85
ББК 32.871
М 42

Рекомендовано к печати решением Ученого совета
Гуманитарного института телевидения
и радиовещания имени М. А. Литовчина (ГИТРа)

Миронов Б. Я.
М 42 Акустические основы звукорежиссуры: Часть 2: Курс лекций на 1 и 2 курсах звукорежиссерского факультета: Учебное пособие. — М.: Гуманитарный институт телевидения и радиовещания им. М. А. Литовчина, 2001. — 72 с.
ISBN 5-94237-004-4 (ч. 2)

Курс лекций известного специалиста и педагога Б. Я. Миронова — это первый шаг в постижении профессии звукорежиссера, закладывающий фундамент для дальнейшего, более углубленного практического освоения предмета. Звукорежиссер — профессия, требующая знаний из различных областей культуры и науки. Настоящие лекции помогут изучить основы шумотехники и звукотехники. Для студентов дневного и заочного отделений звукорежиссерского факультета.

2426

УДК 621.39:612.85
ББК 32.871

СОДЕРЖАНИЕ

Рядка III. ОБОРУДОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ СТУДИЙ.....	5
Тема 3.1. Микрофоны	5
3.1.1. Основные технические характеристики	5
3.1.2. Классификация микрофонов	13
3.1.3. Некоторые соображения по использованию микрофонов	24
3.1.4. Стереофония	29
Тема 3.2. Устройства обработки и контроля звукового сигнала	40
3.2.1. Звукорежиссер и его задачи	40
3.2.2. Микшерный пульт	42
3.2.3. Методы регулировки динамического диапазона программы	45
3.2.4. Частотная коррекция	51
Тема 3.3. Контрольно-измерительные приборы	55
3.3.1. Измеритель уровня	55
3.3.2. Коррелометр и стереогониометр	60
3.3.3. Громкоговорящий контрольный агрегат	63
Тема 3.4. Субъективная оценка качества звучания фонограмм	68

ISBN 5-94237-004-4 (ч. 2)

© ГИТР, 2001.

БИБЛИОТЕКА
УНИВЕРСИТЕТА
им. М. А. Литовчина
ЧЕБАНУК А. Е. 48

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Звукорежиссер — профессия, требующая знаний из различных областей культуры и науки», — отмечавший счищает известный специалист и пешаги Б. Я. Миррон, автор этой книги. И действительно, в соответствии с ГОС ВПО по специальности 051500 — ЗВУКОРЕЖИССУРА, студент может изучить звукорежиссуру кино, звукорежиссуру, эстетику кинофотографии, технологию производства первичных фонограмм, технику съёмки и звукового монтажа фильма, вертикальный монтаж и перезапись фильма, искусство речи, основы кинодраматургии, кинооператорского мастерства, искусство музыкальной фонографии, практические аспекты записи музыки, а также философию, эстетику, иностранный язык, кинокритику, историю отечественного и зарубежного искусства (литературы, изобразительного искусства, кино), историю религии, право, социологию (в том числе социологии кино), психологию и педагогику (в том числе кинопедагогику), экономику и еще ряд дисциплин. Заметное место в подготовке звукорежиссера отводится знакомству с современными технологиями звукопередачи, состоящими физикой звука. В области акустики студент вообще должен стать асом. Нужно изучить архитектурную акустику, электроакустiku и акустику пространства для звукозаписи, музыкальную акустику.

Книги Б. Я. Миррона вводят студента в звуковой мир, знакомят с его законами. В первой части были освещены такие вопросы, как физическая природа звука, звуковой диапазон частот, динамический диапазон слуха, реальный звук, спектры звуковых колебаний и тембр, пространственное восприятие звуков, звук в закрытом помещении, качественные параметры качества звукопередачи, узоры передачи звукового сигнала, амплитудная характеристика, нелинейные искажения, помехи в тракте звукопередачи, динамический диапазон передачи. Чтобы приступить к изучению второй части, следует хотя бы бегло просмотреть этот материал, так как методика автора предполагает последовательный переход от изученного к неизученному.

Во второй части речь пойдет об оборудовании звуковых студий. Материал книги Б. Я. Миррона готовят студентов к практической работе, формируют для них прочную теоретическую базу.

Проект по учебной и научной работе ИНТРа
профессор В. А. Дуков

РАЗДЕЛ III. ОБОРУДОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ СТУДИЙ

Технические средства, необходимые для подготовки и проведения радиовещательной передачи и звукозаписи, располагаются в двух, обычно смежных, объединенных смотровым окном, но хорошо звукоизолированных друг от друга, помещениях — в студии и аппаратной. В студии устанавливаются микрофоны, громкоговоритель для режиссерских команд и прослушивания исполнителями записанной программы и пульт диктора. В аппаратной находятся микшерный (звукорежиссерский) пульт, устройства для дополнительной обработки сигнала (линии задержки, ревербераторы, эквалайзеры и другое оборудование), а также измерители уровня, магнитофоны, контроллеры громкоговорителей и многое другое.

ТЕМА 3.1. МИКРОФОНЫ

3.1.1. Основные технические характеристики

Микрофон — приемник звука и преобразователь звуковых колебаний в электрические. Известно множество способов преобразования звуковой энергии в электрическую, но любой микрофон, как бы он не работал, можно описать определенным набором технических параметров, позволяющих судить о качестве и, главное, пригодности для различных применений. Чувствительность (E) — одна из наиболее важных характеристик микрофона. Она определяется как электродвижущая сила (э.д.с.) при работе микрофона без нагрузки или как напряжение, осаждаемое на стандартном сопротивлении нагрузки при воздействии на чувствительный элемент микрофона звукового давления, равного 1 Па. За единицу чувствительности принимают один милливольт, отнесенный к одному паскалю, т.е. $E = 1 \text{ мВ/Па}$.

Это определение относится к действующей системе единиц СИ, до ее введения за единицу чувствительности принимался один милливольт на бар (бар — единица давления в старой, ныне не применяемой, системе единиц CGS; 1 бар = 0,1 Па).

Чувствительности микрофона под нагрузкой и при холостом ходе, строго говоря, различны. Однако современные микрофоны, обычно, подключаются к высокомощным (по сравнению с выходным сопротивлением самого микрофона) входам пульта — шумом сложными, работают в режиме, близком к холостому ходу. Это позволяет под "чувствительнос-

"тюю" микрофона, с допустимой для практики точностью, считывать его чувствительность на колесом холу. Чувствительность микрофонов, в зависимости от их конструкции может составлять от 1-2 мВ/Па (динамические микрофоны) до 10-15 мВ/Па (капсюльные микрофоны). И еще, чувствительность или уровень передачи микрофона в большей или меньшей степени зависит от частоты звукоизлучающей колебаний. График этой зависимости называют **частотной характеристикой** микрофона.

Очень важным параметром частотной характеристики является ее **неравномерность**, которую представляют в децибелах, вычисленных как отношение значений чувствительности микрофона на какой то определенной частоте к чувствительности на средней частоте, за которую обычно принимают частоту 1000 Гц. Чувствительности на частоте 1000 Гц, условно принимают уровень 0 дБ и от нее отчитывают неравномерность, как в положительную, так и в отрицательную сторону (рис. 16).

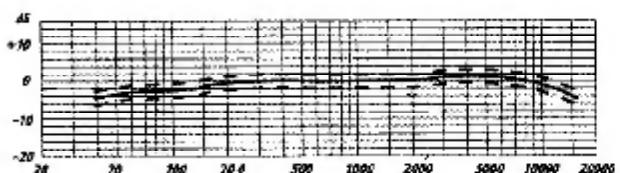


Рис. 16. Частотная характеристика микрофона

Способность микрофона реагировать на звуки в зависимости от пространственного расположения источника и направления прихода звуковых волн определяется **характеристикой направленности**. Она определяет изменения чувствительности микрофона при смене направлений, по которым звуковые волны приходят к чувствительному элементу. Характеристику или диаграмму направленности графически представляют в полярной системе координат. Строят эти диаграммы так. В качестве опорного направления (0° - 180°) используют ось микрофона (фронтальное или перпендикулярное к линии стороны микрофона направление). Боковые направления определяются углами прихода по отношению к осевой линии. Вдоль линии, определяющей конкретное направление, откладывают отрезок, пропорциональный чувствительности в этом направлении.

Микрофоны принято подразделять по диаграммам направленности на три группы: неизбирательные, двухсторонненаправленные и односторонненаправленные. Микрофоном ненаправленного действия называют такой микрофон, чувствительность которого остается постоянной независимо от направления, по которому приходят к его чувствительному элементу звуковые волны. Диаграмма направленности такого микрофона имеет форму круга (рис. 17).

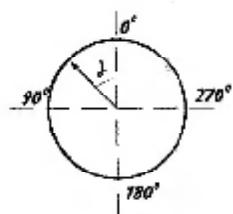


Рис. 17. Диаграмма направленности микрофона ненаправленного действия

Приведенный рисунок представляет некое идеализированное устройство. В действительности нет, и не может быть микрофона, для которого характеристика осталась бы правильной окружностью во всем частотном диапазоне. Это вызвано тем, что с повышением частоты, когда длина волны становится сопоставимой с размерами микрофона (например, на частотах 3-10 кГц) длина звуковой волны примерно равна 4-3 см и сопоставима с размерами самого микрофона, поэтому окраинирующее действие корюса микрофона неизбежно влияет на его характеристику направленности. Микрофоны, ненаправленные на низких частотах звукового диапазона, на частотах более 4-5 кГц проявляют определенную направленность, которая становится значительной на высоких частотах 10-12 кГц и выше. Поэтому реальная диаграмма направленности, которая приводится технической документацией к микрофону исправленного действия, обычно имеет вид, подобный представленному на рис. 18. Но иному, говорить о ненаправленном микрофоне, конечно, можно, но имеет об условности этого понятия. К сожалению добавим, что этот термин обычно относят к микрофонам с диаграммой направленности, близкой к круговой, точнее к шаровой, только на низких частотах.

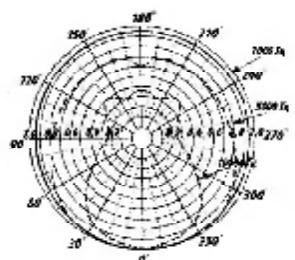


Рис. 18. Зависимость диаграммы направленности от частоты звукового сигнала

Двусторонненаправленные микрофоны имеют одинаковую чувствительность с фронтальной и тыловой сторон подвижного элемента, а чувствительность их в поперечном направлении практически равна нулю. Диаграммы направленности этих микрофонов имеют форму восемьмерки (рис. 19).

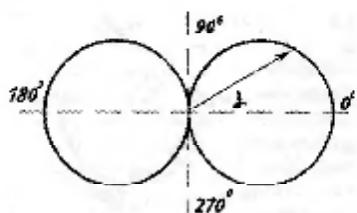


Рис. 19. Диаграмма направленности двустороннего микрофона

Односторонненаправленные микрофоны воспринимают звуковые колебания, приходящие лишь с фронтальной стороны. Диаграммы направленности подобных микрофонов по форме близки к геометрической фигуре кардиоиды, поэтому их часто называют кардиоидными микрофонами (рис. 20).

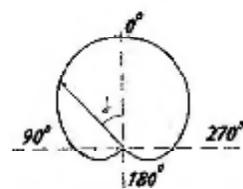


Рис. 20. Кардиоида — типичная диаграмма направленности односторонненаправленного микрофона

Еще одна модификация типовой диаграммы направленности микрофона с узкой, утилизированной направленностью — гиперкардиоидной показана на рис. 21.

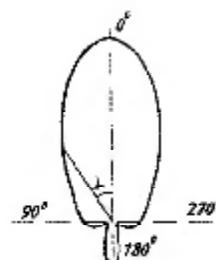


Рис. 21. Гиперкардиоида — характеристика односторонненаправленного микрофона

Различные характеристики направленности — это особые конструктивные ухищрения. Рассмотрим, к примеру, микрофон, к чувствительному элементу которого звуковая волна имеет доступ только с одной стороны, как показано на рис. 22. На него действует сила F , пропорциональная величине звукового давления p и площади мембрани S (или диaphragмы): $F = p \cdot S$.

Такие микрофоны принято называть приемниками давления. Пока звуковая волна не может превосходить радиусы микрофона и его чувствительного



Рис. 22. Микрофон — приемник давления

элемента, диаграмма направленности практически остается круговой. Анизотропия формы диаграммы направленности наливает приемником при соизмеримости размеров чувствительного элемента и длины волны звука. На высоких частотах, когда длина волны звука заметно ниже размеров воспринимающего элемента микрофон становится все более направленным. Известны также микрофоны, сконструированные так, что звуковые волны подводят к подвижной системе с обеих сторон (рис. 23).



Рис. 23. Микрофон — приемник градиента давления

Эти микрофоны принято называть приемниками градиента давления (или иначе приемниками скорости). Здесь результирующая интенсивность силы F , действующая на приемник звука, пропорциональна разности давлений, воспринимающихся на чувствительный элемент с двух сторон. Эта разность давлений возникает за счет разных расстояний, которые проходят звуковые волны до фронта и тыла микрофона и акратирующего действия корпуса самого микрофона: $F = (p_0 - p_t) \cdot S$, где p_0 и p_t — давления с фронтальной и тыльной стороны чувствительного элемента; S — площадь мембранны (диафрагмы). Очевидно, что в этом случае действующая на си-

стему сила максимальна тогда, когда звуковая волна движется параллельно оси слева или справа, и равна нулю, когда волна приходит перпендикулярно оси микрофона и путь ее к обеим сторонам приемника одинаков (так как $p_0 = p_t$ и $F = 0$).

Кардиоидные, односторонненаправленные микрофоны являются акустически комбинированными приемниками. В них сила, действующая на чувствительный элемент, благодаря специальной конструкции микрофона, имеет две составляющие. Одна из них не зависит от угла падения звуковой волны (эта часть соответствует приемнику давления), а вторая изменяется пропорционально косинусу угла падения (соответствует приемнику градиента давления). Напряжение на выходе микрофона также содержит две составляющие, диаграммы направленности которых — круг и восьмёрка. При падении звуковой волны с фронта обе составляющие инверсионны синфазны, поэтому суммируются; при падении с тыла круг и восьмёрка создауют противофазные напряжения, которые взаимно уничтожаются. В итоге результирующая диаграмма направленности — типичная кардиоида (рис. 24).

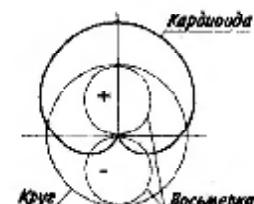


Рис. 24. Формирование кардиоиды

Диаграмма направленности — одна из самых важных эксплуатационных характеристик микрофона. Звукоиздатель должен уметь для каждого конкретного случая правильно выбрать микрофоны с такими диаграммами направленности и чувствительностью, которые обеспечивают наилучшие результаты работы. Например, нужно передать голоса сидящих за круглым столом собеседников. В этом случае, очевидно, самым удобным окажется микрофон с круговой диаграммой направленности, как это показано на рис. 25.

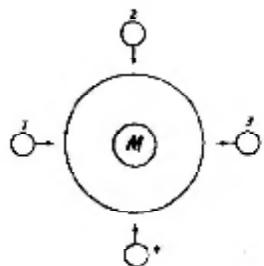


Рис. 25. Применение ненаправленного микрофона:
M — микрофон, 1—4 — собеседники (источники)

Для передачи беседы людей, сидящих окружно, наиболее подходит микрофон с диаграммой направленности в виде восьмерки (рис. 26). Двусторонненаправленный микрофон значительно ослабляет также мешающее действие шума от источников, расположенных сбоку от последующих. Но при этом следует помнить, что двусторонненаправленный микрофон нежелательно приближать к источнику звука, предел — 50–60 см, так как у всех приемников градиента давления, на близких от источника звука расстояниях, появляется чувствительность к низким частотам звукового диапазона. Этот, так называемый, эффект Елисейской зоны при неумелом использовании микрофона может стать причиной заметных частотных искажений, выражавшихся в подчеркивании низких звуковых частот и характерном "бубнении".

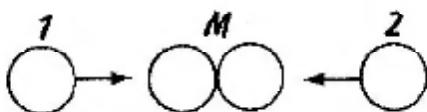


Рис. 26. Микрофон для собеседников

При записих и передачах художественных программ широко применяются микрофоны с кардиоидными диаграммами направленности, т.е. односторонненаправленные микрофоны. Их устанавливают, когда необходимо с помощью нескольких микрофонов создавать различные звуковые шансы для отдельных исполнителей, искусственно подбирать микшированием нужный баланс громкостей, отстраняться от воздействия, отраженных звуковых волн и во многих других случаях (рис. 27).



Рис. 27. Пример передачи солиста и аккомпанемента с помощью двух кардиоидных микрофонов

Стеренаправленные, гиперкардиоидные микрофоны очень удобны, когда речь идет о репортажах из помещений с большим уровнем собственных шумов, например, из заводских цехов, с улиц, со стадионов и т.п. Такой микрофон, размещенный относительно близко к выступающему, при правильной ориентации обеспечивает заметное преобладание голоса над посторонним шумом и хорошую разборчивость речи при прослушивании передачи.

3.1.2. Классификация микрофонов

По способу преобразования акустической энергии в электрическую применяющие в настоящее время микрофоны подразделяются на несколько основных типов.

Индукционные микрофоны это преобразователи акустической энергии в электрическую, в которых используется явление электромагнитной

индукции — возникновение электродвижущей силы при движении проводника в постоянном магнитном поле. Конструктивно индукционные микрофоны выполняются либо с подвижной катушкой (динамические), либо с неподвижной лентой (ленточные). Несмотря на общий принцип работы, динамические и ленточные микрофоны существенно различны по своим эксплуатационным характеристикам. В настоящее время ленточные микрофоны используются в профессиональных студиях достаточно редко, поэтому в дальнейшем под микрофонами, работающими на основе электромагнитной индукции, будем понимать исключительно динамические.

Конденсаторные или электростатические микрофоны используют естественную зависимость ёмкости конденсатора от перемещений его горизонтальной пластины под действием звуковых колебаний.

Электретные микрофоны, по сути, — резонансность конденсаторных. Они появились относительно недавно, когда стали доступными электретные материалы — диэлектрики, которые после статической обработки способны нести электрические заряды или, по иному, приобрести свойства, присущие предварительно заряженному конденсатору.

В пьезоэлектрических или кристаллических микрофонах используется гравио-электрический эффект. Сущность эффекта — в возникновении электрических зарядов на поверхности кристаллов некоторых веществ (например, сегнетовой соли) при их деформации под воздействием какого-либо давления, в том числе звукового. Величина этих зарядов, в, следовательно, и электрические напряжения на противоположных граниах пьезоэлемента, пропорциональны деформирующей силе.

В электромагнитных микрофонах используется эффект изменения магнитного потока при смещениях в нем некоторого подвижного элемента (якоря).

А действие ультразвуковых микрофонов основано на известном свойстве ультразвукового порога менять сопротивление в зависимости от силы сжатия. Звуковое давление — одна из возможных первопричин такого сжатия.

Пьезоэлектрические, электромагнитные и ультразвуковые микрофоны из-за низкого качества передачи звука (узкий диапазон воспроизведения частот с большой искаженностью частотной характеристики, повышенный уровень собственных шумов ультразвуковых микрофонов и т. д.) в настоящее время используются в основном только для специальной связи и в любительских целях. В радиовещании и профессиональной звукозапи-

си широкое применение нашли динамические (катушечные), конденсаторные и электретные микрофоны.

Динамические микрофоны

Конструкция микрофона с подвижной катушкой показана на рис. 26. Его магнитная система — цилиндрический постоянный магнит и магнитопровод, изготовленный из стали. Магнитопровод собран из центрального стержня и двух фланцев. В концевом зазоре между стержнем в верхнем фланце и круглым центральным стержнем помещена подвижная катушка, намотанная на специальном каркасе. Используется тонкий (до 0,02 мм) медный или алюминиевый провод. Катушка жестко связана с легкой куполообразной диафрагмой. Диафрагма с помощью тонкого обра-рированного обратника прикреплена к неподвижной части микрофона и под действием звуковой волны может свободно колебаться в осевом направлении, увлекая за собой катушку. В концевом зазоре магнитной системы действует радиальное магнитное поле. При движении катушки в этом поле ее витки пересекают магнитные силовые линии, поэтому в ней возбуждаются переменные индукционные токи. Напряжение, возникающее на выводах подвижной катушки микрофона, передается по экранированному кабелю на микрофонный усилитель.

К достоинствам динамических микрофонов можно отнести их хорошие качественные показатели: прочность, небольшие размеры и массу, относительно малую по сравнению с другими микрофонами чувствительность

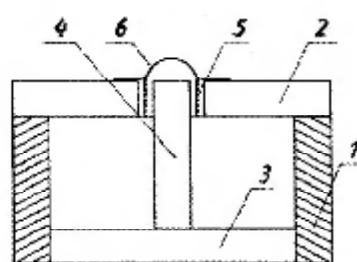


Рис. 26. Динамический (катушечный) микрофон:
1 — постоянный магнит; 2 — верхний фланец; 3 — нижний фланец;
4 — центральный стержень; 5 — катушка; 6 — диафрагма

примитив к вибрациям и тряске и другие свойства, дающие возможность использовать этот тип микрофона, как в студиях, так и во внеустановочных условиях при записи открытых концертов и репортажей. По характеристикам направленности шинокосые микрофоны делятся на ненаправленные (круговая диаграмма) и односторонненаправленные (диаграмма направленности — кардиоид). На рис. 29 и 30 представлены две современные модели динамических микрофонов.



Рис. 29. Динамический микрофон с круговой диаграммой направленности



Рис. 30. Динамический микрофон с кардиоидной диаграммой направленности

Оба микрофона работают в широком интервале частот (от 50 до 16000 Гц). Их отличает высокая неравномерность частотной характеристики, хорошая чувствительность — примерно 1,7 мВ/Па. Микрофон SM 63L фирмы Shure имеет круговую диаграмму направленности — это тип-

нический приемник давления. В отличие от него микрофон D-230 фирмы AKG — односторонненаправленный. В конструкции этого микрофона прецессорены спектральные акустические катушки, обеспечивающие частичный доступ звуковой волны к тыльной стороне диафрагмы. Благодаря этому часть диафрагмы работает как приемник давления, в часть — как приемник градиента давления. Суммарная же диаграмма направленности подобной системы имеет вид киршионца.

Конденсаторные микрофоны

Конденсаторный микрофон (рис. 31) — это электроакустический преобразователь звукового звука. Звукочувствительник такого микрофона — плоский воздушный конденсатор. Одна из его пластин — массивна и неподвижна, вторая, напротив, — легка и упруга. Расстояние между пластинами 20—40 мкм. На легкую пластины воздействуют звуковые волны, заставляя ее перемещаться. Эта подвижная пластина играет в микрофоне роль мембранны, величина которой для разных типов микрофонов может быть разной — в пределах от 10 до 60 см. Пластины подключены к источнику постоянного тока, причем последовательно с одной из них в цепь включен резистор, сопротивление которого выполняет функции

Q₁
Q₂
Q₃



Рис. 31. Конденсаторный микрофон

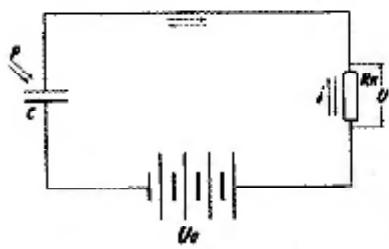


Рис. 32. Схема конденсаторного микрофона:
С — капакель-конденсатор; R_l — сопротивление нагрузки;
U_p — источник постоянного поляризующего напряжения;
U — сигнал снимается с сопротивления нагрузки

При колебаниях мембранны емкость конденсатора изменяется. Когда его пластины общаются, емкость возрастает, поэтому конденсатор подзаряжается. С ростом расстояния между пластинами емкость снижается, и конденсатор разряжается через источник питания. При этом зарядно-разрядный ток проходит через сопротивление нагрузки, величина которого — 100 МОм и больше. Сопротивление конденсатора переменному току, как любое емкостное, растет с понижением частоты. Так, на частоте 50 Гц оно, к примеру, достигает 30 МОм. Поэтому сопротивление нагрузки и выбирается столь большим — это позволяет ослабить его шумы и уменьшить воздействие на низкие частоты и, в конечном итоге, выровнять на этих частотах чувствительность микрофона.

При прохождении тока не сопротивлений нагрузки возникает переменное напряжение, изменение которого является электрическим отображением изменений звукового давления, действующего на мембранны конденсаторного микрофона. Однако большая величина сопротивления нагрузки исключает возможность обычного присоединения микрофона к усилителю с помощью кабеля. Даже сравнительно короткий кабель (ширина 1,5–2 м) резко снижает чувствительность микрофона (особенно на высоких звуковых частотах) и является причиной возрастания уровня шума и помех, наводимых ли микрофонные сети. Поэтому в непосредственной близости от конденсатора (в одном с ним корпусе) разме-

щается согласующий усилительный каскад, собранный на электронной лампе или полевом транзисторе. С выхода этого каскада, через выходной трансформатор напряжение по кабелю подается на вход микрофонного усилителя. Для питания лампы или транзистора согласующего каскада и подачи на катушку поляризующего напряжения конденсаторный микрофон имеет специальный выпрямитель. Выпрямитель (блок питания) ламповых микрофонов (слово, интерес к ним звукорежиссеров последнее время растет) — это отдельное устройство, которое обычно удалено от микрофона и присоединяется к нему с помощью многожильного кабеля.

Для пассивных транзисторных схем конденсаторных микрофонов применяются сухие батареи, размещаемые в корпусе микрофона. Однако в стационарных условиях вместо аккумулятора, обычно используется электропитание, поступающее с центрального пункта управления, например, цепосредственно с микшерного пульта. При этом, питательный ток может подводиться к микрофону по сигнальным проводам, передающим звуковые сигналы от микрофона к пульту. Это осуществляется с помощью специальных цепей "флипфлопного" питания.

Конденсаторные микрофоны широко применяются в профессиональной звукозаписи и в звуковом художественном вещании. Их отличает высокая чувствительность (10–15 мВ/Па), широкая полоса воспроизводимых частот, равномерная характеристика. Особо следует отметить чрезвычайно точную с позиций эксплуатации возможность изменения направленности характеристик направленности. К этому надо добавить, что во многих серийно выпускаемых моделях конденсаторных микрофонов изменение направленности осуществляется дистанционно с блока питания, который размещается непосредственно в аппаратуре. Для этого применяются акустически комбинированные приемники звука — капсюли, имеющие два подвижных электрода. Эти электроды — мембранны из высокополимерной пленки с покрытием из мезокуллярного слоя золота, натянутые на круглые оболы. Такие пленочные мембранны — подвижные электроды конденсатора. Между пленками размещен неподвижный электрод с глухими отверстиями, увеличивающими чувствительность устройства, и сквозными каналами, соединяющими друг с другом воздушные объемы под мембранными (рис. 33). Мембранные включения капсюля конденсаторного микрофона можно формировать самые разные диаграммы направленности. Например, в электрическую цепь включена только одна из мембран — именно на нее и на неподвижный электрод подается поляризующее

напряжение U_0 . В этом случае вторая мембрана отключена и в состоянии напряжения на выходе микрофона не участвует (рис. 34). В этом случае капсюль имеет кардиоидную диаграмму направленности. Его можно рассматривать как комбинированный приемник давления в градиенте давления. Действительно, любое перемещение подвижных электродов-мембран можно представить как сложения двух колебаний: одно определяется и пропорционально звуковому движению, второе — разность давлений с фронта и тыла микрофона. Перемещения мембран, вызванные звуковым давлением, противофазны. Иными словами мембранны, преодолевая упругость заключенного между ними воздуха, сближаются или отдаляются, но всегда перемещаются в противоположных направлениях.

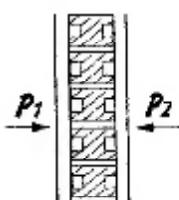


Рис. 33. Акустический комбинированный капсюль конденсаторного микрофона

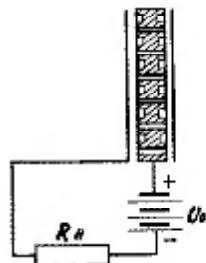


Рис. 34. Схема включения акустического комбинированного капсюля при формировании каскадной диаграммы

Вместе с тем мембранны и заключенный между ними воздух можно рассматривать как единую механическую систему связанных поршней. Если звуковые волны из-за различия расположений до источника звука приходят к левой и правой мембранны не одновременно (со сдвигом по фазе), то давление, действующее на одну из мембранны, различно. За счет этой разницы давлений (или градиента давления) возникает усилие, перемещающее всю систему в сторону меньшего давления, — в результате одна из мембран приближается к неподвижному электроду, другая отделяется. Разница давлений со стороны фронта и тыла микрофона (градиент давления) зависит, как уже было сказано, от направления прихода звуковой волны. Она максимальна, если звук приходит перпендикулярно плоскости мембранны, и равна нулю, если источник звука находится от микрофона сбоку (в этом случае путь, проходимый волной к фронту и тылу микрофона, одинаков и разница между давлениями нет). Таким образом, рассматривая капсюль как приемник градиента давления, можно предположить, что он будет иметь диаграмму направленности в виде восьмёрки. В действительности обе составляющие колебательного движения мембранны, скользящие между собой, придают капсюлю характеристическую диаграмму направленности, т.е. делают его односторонне-направленным.

Те, кто прочитал два предыдущих абзаца, видимо, заметили явные противоречия в выведенных о форме диаграммы направленности комбинированного микрофона. Оно свидетельствует о том, что конкретная диаграмма направленности — это "компромисс" противоборствующих сил: противофазных и синфазных. Рис. 35 наглядно показывает физическую сущность "твёрдого противостояния" этих сил в акустически комбинированном односторонне-направленном двухмембранным микрофоне. Пусть в электрическую цепь включены линии мембранны. Напомним, что противофазными являются силы, пропорциональные звуковому давлению, синфазными же, что обусловлено градиентом давления. Представим первые сплошными стрелками, вторые — пунктирными и теперь попробуем разобраться во взаимодействии составляющих колебаний, при различных направлениях прихода к капсюлю звуковых волн.

Если звук приходит к микрофону слева (это направление мы примем за фронтальную сторону микрофона и начну отсчета углов падения звуковых волн к микрофону, т.е. $\alpha = 0^\circ$), то обе составляющие колебаний левой мембранны направлены в одну сторону — в итоге мембрана колеблется с удвоенной амплитудой. Правая мембрана, при этом, неподвижна, так

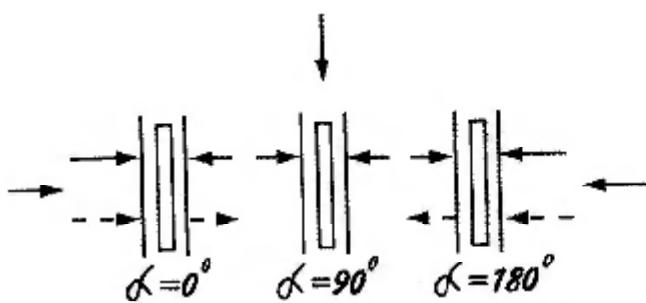


Рис. 35. Взаимодействие синфазных и противофазных колебаний в акустически комбинированном приемнике звука

как воздействует на нее составляющие противофазы поэтому взаимно гасятся. Когда звук приходит сбоку ($\alpha = 90^\circ$), градиента давления пульсовой и синфазные перемещения отсутствуют — в итоге амплитуда колебаний левой мембранный вдвое меньше, чем в первом случае. Правая мембранный, при этом, также колеблется, однако она в электрическую цепь не включена и в создании напряжения на выходе микрофона не участвует. Если источник звука размещен справа от микрофона ($\alpha = 180^\circ$), с удвоенной амплитудой колеблется правая мембранный, но она, как уже подтверждалось, в электрическую цепь не включена, поэтому на выходе микрофона полезный сигнал отсутствует. Таким образом, за счет электрической асимметрии микрофона достигается картина направленности. Обе мембранные, насколько это возможно конструктивно, одинаковы, поэтому, переключивющее напряжение на правую мембранный, можно развернуть рабочую сторону картины на 180° или, что то же самое, перенести фронт микрофона на другую сторону.

Итак, акустический комбинированный капсюль — это, по сути, два равноколленных одностороннеизправленных приемника звука. Если поляризующего напряжения появится на обе мембранные, приложенные к общей нагрузке (рис. 36), то, меняя полярность приложенного к мембранные напряжения, можно формировать различные диаграммы направленности капсюля.

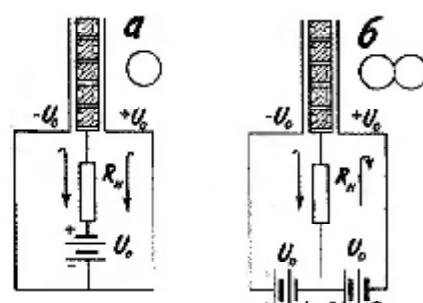


Рис. 36. Схемы включения двухмембранных капсюля:
а — круговая диаграмма направленности; б — в виде восемьмерки

Действительно, если по относительно к неподвижному электроду обе мембранны находятся под напряжением одинакового знака, то в общей нагрузке при любом расположении источника звука формируются синфазные напряжения. Микрофон работает в этом случае, как неизправленный, его диаграмма направленности — круг (рис. 36а). Если же одна мембранны по отношению к неподвижному электроду находится под отрицательным потенциалом, а другая — под положительным, то переменные напряжения звуковой частоты, возникающие в нагрузке в результате колебаний левой и правой мембранны, противофазны. Диаграммы направленности конденсаторного микрофона в этом случае — восемьмерки (рис. 36б).

В качестве примера на рис. 37 приводится упрощенная схема переключения диаграмм направленности конденсаторного микрофона, которая, в частности, применялась в широко известных микрофонах U87 Ai фирмы Georg Neumann, Германия. Усилительный каскад этого микрофона собирает на полевом транзисторе; питание усилителя к поляризующее напряжение на капсюль доставляется на микрофон по "фильтрной" схеме, т.е. по тем же проводам, по которым от микрофона к пульту звукорежиссера передается сигнал звуковой частоты.

В последние годы широкое применение нашли электretные микрофоны, в которых используются некоторые диэлектрики, на поверхности

которых после специальной обработки появляются заряды. Эти материалы — электреты применяются как диэлектрическое заполнение конденсатора. Это особенность электретов позволяет формировать поларизующее напряжение на катодоле без подключения к постоянным источникам питания. В этом случае электрическая энергия необходима лишь для питания усилителя.

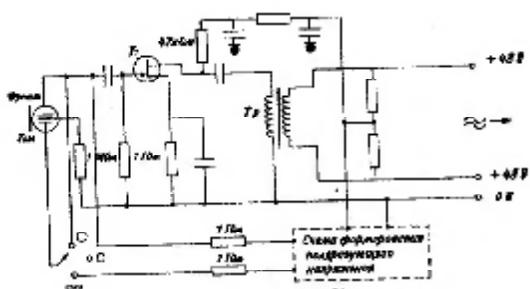


Рис. 37. Упрощенная схема переключения диафрагм направляемости конденсаторного микрофона

При работе с конденсаторными микрофонами не следует забывать некоторые их специфические особенности. Так, во время работы катодол находятся под напряжением, поэтому двигать и переставлять микрофоны рекомендуется только при отключенном питании. Иначе соединения могут послужить причиной пробоя конденсатора и выхода микрофона из строя. Но той же причине ни в коем случае не следует (обычный "испытательный тест" перед работой!) дуть в микрофон. Можно для этого или стекла проводить погрем по корпусу микрофона, или же негромко сказать несколько слов, находясь от микрофона на расстоянии 10–15 см.

3.1.3. Некоторые соображения по использованию микрофонов

Вопрос о количестве, технических характеристиках и расположении используемых при записи микрофонов — один из наиболее важных, но

вместе с тем и наиболее сложных вопросов, стоящих перед звукоинженером в процессе его повседневной работы.

К сожалению, практика показала, что часто приводимые в литературе схемы расположения микрофонов для звукопередачи тех или иных программ не могут быть приняты в качестве какого-то абсолютного рецепта и, как правило, имеют только информационное значение, позволяя ознакомиться с основными принципами микрофонной работы. Дело в том, что акустические параметры студий достаточно различны, а задачи звукоинженеров так многообразны, что в каждом конкретном случае лишь тщательные микрофонные расчеты в том помещении, из которого предполагается производить записи, могут помочь звукоинженеру получить желаемые результаты. Разумеется, значительно легче добиться хорошего звучания, имея достаточный опыт эксплуатации данной студии, изучив ее особенности и влияние акустических свойств на звучание различных музыкальных инструментов и ансамблей разного состава.

Поэтому весьма полезна промежуточность в звукоинженерской работе, обмен опытом между звукоинженерами и обобщение этого опыта применительно к конкретным, поставленным в данном случае задачам. Однако, на основании многолетнего опыта проведения звукоинженерских работ, в самых различных по акустике студиях, некоторые общие рекомендации звукоинженерам по использованию микрофонов дать все же можно.

Прежде всего, для качественного звучания передач следует строго соблюдать нормы заложенные студии исполнителями. Современные требования, спрашивавшие которых подтверждены опытом, предполагают, что при музыкальном исполнении на каждого исполнителя должно приходиться не меньше, чем по 35–50 куб. метров объема студии. Так для оркестра из 50 человек необходима студия объемом не меньше 2000 куб. метров. При исполнении оперы, оратории, симфонического произведения коллектиком 150–200 человек необходима студия объемом соответствующим 6000–10000 куб. метров и больше.

Попытки записать или передать в эфир музыкальные произведения, исполненные большими коллективами из студий, не рассчитанных на такой состав, приводят к ухудшению качества звучания.

Наряду с этим, надо иметь в виду, что акустические свойства студий являются важными условиями высокого качества звучания, но не только они определяют успех работы звукоинженера.

В каждой точке студии, где установлен микрофон, на него воздействуют: энергия прямого звука W_{pr} , воздействующего на микрофон непосредственно прямым путем (эта энергия уменьшается геометрически по квадрату расстояния от источника звука); и энергия диффузного (рассеянного) звука W_{dp} , как результат большого числа отражений звуковых волн от предметов. Эта составляющая звуковой энергии от точки К точке студии, как правило, не меняется.

В связи с этим, бессознательное влияние на звукопередачу оказывается правильность подбора на микрофонных репетициях акустического отношения, под которым понимают соотношение между отраженными и прямыми звуками в какойлибо точке студии ($A = W_{dp}/W_{pr}$). А это отношение зависит от расстояния микрофона от источника звука.

Наш слух различает обе составляющие звукового поля и определенным образом воспринимает соотношение между ними. По студийцу, находящемуся непосредственно в студии, благодаря бинауральному восприятию звука, может определяться направление прямых звуковых волн, сосредоточить свое внимание на их приеме и отстряться от восприятия отраженных волн. Работа студийца же лицом к звуковой избирательности, так как микрофон "слушает" как бы одним ухом и прилагает и сумма прямых и отраженных звуков воспроизводится из "одной точки" — громкоговорителя. В этом случае естественность звучания, тембр и впечатление о реверберации помещения зависят от акустического отношения в значительно большей степени, чем при естественном преслушивании.

При установке микрофона на близком расстоянии от исполнителя, когда акустическое отношение мало ($A = W_{dp}/W_{pr} < 1$), т.е. когда преобладает прямой звук, действие отраженных волн цитирует, реверберация на слух кажется значительно меньше, чем на самом деле; даже в туманном помещении этим приемом удается создать четкое "сухое" звучание, соответствующее, как говорят, ближнему или крупному звуковому плану.

Размещая микрофон на значительном расстоянии от исполнителя, можно попасть в зону, где влияние отраженных звуков (диффузного поля) значительно больше, чем прямых ($A = W_{dp}/W_{pr} > 1$). Тембр звучания в этом случае изменится, звучание будет более гулким, размытым, передача пойдет липким звуковым планом, и субъективное ощущение реверберации значительно увеличится. Этим приемом пользуются, например, в сильно заглушенных помещениях, став один из микрофонов далеко от исполнителей для придания звучанию пространственности

("воздушности"). Таким образом, в то время как реверберация студии практически неизменна, выбирая место микрофона относительно исполнителя, можно изменять акустическое отношение и, следовательно, зависящее от него субъективное ощущение реверберации.

Субъективное ощущение реверберации, зависящее от соотношения прямых и отраженных звуков в данной точке студии вызывает чрезвычайно сильную реверберацию. Умело используя эффект окантовленной реверберации, можно даже в обычной монориффической передаче в какой-то степени восполнить потерю звуковой перспективы (т.е. объемности звучания). Это достигается применением нескольких микрофонов и подбором нужных звуковых планов для отдельных исполнителей.

Например, чтобы звуковая картина не была плоской, и воспринималась протяженной в глубину, бывает полезно выделить крупным планом солиста (для этого микрофон устанавливается на близком от него расстоянии) на фоне аккомпанемента, воспроизводимого через более отдаленный микрофон и поэтому воспринимаемого звучащим с более далекого расстояния, как бы из глубины сцены. Такая многогранность звукопередачи делает звучание более естественным и приятным.

Таким образом, расположение и количество микрофонов в студии зависят от реверберации помещения, характера передачи и характеристики микрофонов.

Многие звукорежиссеры предпочитают производить запись даже крупных исполнительских коллективов, обходясь минимальным количеством микрофонов и, в некоторых случаях, это может обеспечить естественную передачу тембров и ясность музыкальной фактуры.

Однако, в большинстве случаев, особенно при монориффической системе передачи, добиться таким образом уловствования музыкального баланса и прозрачности звучания не удастся.

Трудности здесь возникают, в первую очередь, из-за взаимной маскировки сигналов, проявляющейся при микрофонной передаче в большей степени, чем в патере, а также могут усугубиться недостатками акустики студии, качеством исполнения и, наконец, инструментальной (прижаркой) данного музыкального произведения, исходной для записи.

Чтобы иметь возможность активно влиять на качество передаваемой звуковой картины, звукорежиссер вынужден обычно устанавливать в студии большое количество микрофонов (иногда, при передаче произведения крупных форм, до 30-40 штук), чтобы установить их в студии

у разных групп исполнителей и получить с помощью индивидуальных регуляторов уровня на микшерном пульте, необходимый музикальный баланс. Надо иметь в виду, при этом, что звуковой сигнал от одного и того же источника может воздействовать не только на свой, близко расположенный микрофон, но и на соседние микрофоны, установленные у других оркестровых групп. Так как расстояния от данного источника до разных микрофонов различны, то в них случаи излучаемые им звуковые колебания придут к микрофонам не одновременно и, следовательно, с разными фазами.

Например, если данный источник, наряду с прочими гармониками излучает звуковую волну с частотой 100 Гц (что соответствует длине волны $\lambda = C/f = 340/100 = 3,4$ м), то у двух микрофонов, установленных в точках, расположенных друг от друга на расстоянии, равном половине длины волны (т.е. на расстоянии 1,7 м в направлении распространения звука), звуковое давление в каждый данный момент времени будет противофазное: максимум звука в одном микрофоне будет проявляться в момент минимума звука в другом. Естественно, что и электрические сигналы в цепях этих двух микрофонов окажутся противофазными и после их синтезации в тракте микшерного пульта, в результате интерференции колебаний, результатирующий сигнал будет существенно ослаблен и выйдет из общего спектра звуковой информации. Это послужит причиной искажений тембра звучания.

Не следует забывать также, что отраженные от стен помещения сигналы любого источника звука действуют на все установленные в студии микрофоны. Поэтому регулировка уровня (микширование) любого из микрофонных сигналов неизбежно скажется не только по тембру, но и на звуковых планах всех остальных инструментов, так как они зависят от соотношений¹ между прямыми и отраженными сигналами.

Избежать отмеченных недостатков, связанных с применением поликардиоидной (многомикрофонной) системой передачи, удается с помощью акустического разделения отдельных источников, которое осуществляется благодаря специальному размещению исполнителей, использованию односторонне направленных микрофонов, расположенных где ближе к одному исполнителю расстояниях, а также установки в студии акустических щитов (папрм), оказывающих экранирующее действие и отделяющих одну группу исполнителей со своими микрофонами от других.

Для работы по такому методу современный микшерный пульт должен иметь большое число микрофонных входов с возможностью не только

ко раздельной регулировки уровня передаваемых сигналов, но и их дополнительной индивидуальной обработки с помощью частотной коррекции, ограничения, компрессирования, использования искусственной реверберации для получения в результате этих действий оптимального баланса и естественности звучания оркестра.

3.1.4. Стереофония

В художественном радиовещании, в производстве грампластинок и компакт-дисков, а в некоторых странах и в телевидении, применяется двухканальная стереофоническая система записи и передачи звука. Стереофония позволяет избежать присущих обычной монофонической передаче недостатки, приближая звучание к естественному. Основные эстетические свойства стереобинарного воспроизведения, которые делают этот вид передачи предпочтительным перед монофоническим, можно сформулировать в трех пунктах:

- локализации отдельных компонентов ансамбля в пространстве, определение их взаимного расположения по фронту, определение ширин звуковой картины;
- хорошая различимость отдельных инструментов в ансамбле, усиление эффекта взаимной маскировки сигналов и, как следствие этого, улучшение "просочности" звучания и привлекательность передачи тембров;
- более естественный перенос акустической обстановки ("амбиенции"), существовавшей в студии при исполнении, за счет того, что отраженные сигналы, передаваемые по левому и правому стереофоническим каналам, не совпадают между собой по фазам, подготавливая слушающему закону распределения. Это соответствует фазовым соотношениям сигналов, приходящих при естественном пропускании к левому и правому уху слушателя и, поэтому создает, по выражению психологов, "эффект присутствия".

Принцип, заложенный в основу двухканальной стереофонической передачи заключается в том, что два одинаковых по уровню и синхронизированных между собой с точностью до фазы сигналы, получаемые одновременно двумя, расположеннымми в некотором расстоянии друг от друга громкоговорителями, воспринимаются слушателем, как единый звуковой образ, находящийся, как бы в центре условной линии, проведенной между громкоговорителями — ее называют базой. Причем, меняя соотношения уровней левого и правого стереофонических сигналов, или введя в один из каналов задержку по времени можно создать определен-

перемещения каждого источника по базе в сторону большего уровня или опережающего сигнала.

Обязательным и очень важным требованием к стереофонической звукопередаче, и соответственно, стереофильской фонограмме является совместимость. Под совместимостью стереофонической фонограммы понимается возможность ее воспроизведения в монодинамическом канале (в котором суммируются сигналы как левого, так и правого каналов) с сохранением всех технических и художественных свойств записи за исключением лишь специфической для стереофонии пространственной локализации отдельных звуковых источников. Уровень воспроизведения, музикальный баланс, прозрачность, тембральный окраска звучания и другие свойства записи должны при этом сохраняться.

Совместимость стереофонических записей и передача необходима для того, чтобы при параллельном существовании двух систем: стерео и моно, слушатели, расположенные обычными монодинамическими приемниками, или привыкшими к традиционных могли бы прослушивать стереофонические записи с удовлетворительным качеством, потеряв при этом лишь эффект стерео.

Практическая реализация стереофонической передачи может быть осуществлена несколькими способами.

Например, микрофонная система,ющая название системы АВ. Допустим, имеются два (или несколько объединенных в две группы) микрофона, расположенных по фронту перед исполнителями (например, оркестром) и воспринимающих звуковые волны, исходящие от обоих и тех же инструментов, с разными фазами, зависящими от того, на каком расстоянии от источника звука расположены лаптые микрофоны. Например, если скрипки расположены в оркестре слева, а контрабасы справа, то левый микрофон по сравнению с правым воспринимает звуки скрипок с определенными фазами, правый же микрофон воспринимает звуки контрабасов раньше левого (рис. 38). Источник звука, например скрипка, расположенный в середине оркестра между микрофонами и на одинаковом от них расстоянии (на так называемой акустической оси), воздействует на оба приемника звука одновременно и с одинаковой силой и вызывает в цепях обоих микрофонов синфазные (совпадающие по фазам) сигналы.

Если передавать звуки от левого и правого микрофонов раздельно, по двум каналам передачи, и воспроизводить их соответственно через левый громкоговоритель, то слушатель, расположенный перед громкоговори-

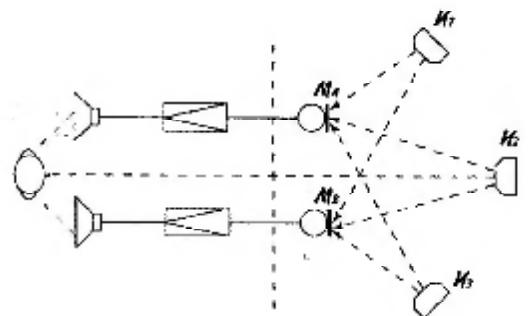


Рис. 38. Стереофоническая система АВ:
 I_1, I_2, I_3 — источники звука; M — микрофоны

телью на одинаковых от них расстояниях, будет ощущать звуки скрипок исходящими от левого громкоговорителя, контрабасов — от правого, исполнение солиста из точки, расположенной точно в середине между громкоговорителями. Эффект локализации обуславливается в этом случае разностью во времени прихода к слушателю звуковых сигналов слева и справа в каждый момент, поэтому система АВ является системой так называемой "временной" или "фазовой" стереофонии. Использование в системе АВ микрофонов патентованного действия, при их соответствующем расположении в стулии может поблизости разница во времени прихода еще и разницу в интенсивности приходящих к левому и правому микрофонам сигналов, что делает локализацию отдельных источников еще более эффективной.

В некоторых случаях, при сравнительно небольших по исполнительскому составу ансамблях, стереофоническая запись с помощью двух обычных монодинамических микрофонов по системе АВ дает целиком результаты, с четкой локализацией инструментов на базе и короткими стереоэффектом. Но благодаря различию во времени прихода звуковых волн от одного и того же исполнителя к двум находящимся на разных расстояниях микрофонам, и фазы сигналов будут отличаться друг от друга. А это, при неблагоприятных фазовых соотношениях, может при монодинамиче-

ком воспроизведении фолограмм (т.е. сложении правого и левого сигналов) стать причиной интерференционных искажений, приводящих к несогласованности. Поэтому аудиокорректор, в процессе записи должен проверять ее совместимость по приборам (об этом см. ниже) и путем выборочного прослушивания суммы правого и левого сигналов с помощью громкоговорителя.

Высчитывание локализации источников звука, т.е. левой и правой сторон звукового изображения, можно обеспечивать и с помощью разности интенсивностей, действующих на микрофоны сигналов (так называемая интенсивностная стереофония). Для решения совместной системы интенсивностной стереофонии применяется микрофонная система XY (рис. 39), при которой используются стереофонические, совместные микрофоны.

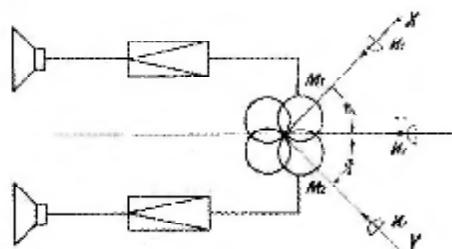


Рис. 39. Стереофоническая система XY

По этой системе два микрофона направлению действия конструтивно объединены так, чтобы чувствительные элементы были расположены на одной вертикали и по возможности ближе друг к другу. Они максимальной чувствительности двух акустических систем ортогональны или, во всяком случае, находятся друг к другу под определенным углом, и направлены так, чтобы линия, делящая угол между этими осями цепям, была направлена на условный центр защищаемого исполнительского коллектива по его акустической оси. Диаграммы направленности и чувствительности обеих приемников звука должны быть одинаковыми.

Например, оба микрофона могут иметь кардиоидные характеристики направленности, или оба они должны быть двусторонненаправленными (диаграмма в виде восемьмерки). Так как микрофоны при этом находятся практически в одной точке, то звуковые волны приходят к ним одновременно и различия в фазах сигналов в обоих каналах нет. Однако, как это видно из рис. 39, в том случае, когда падение звуковых волн на приемники звука направленного действия было несимметрично, напряжения на выходах микрофонов будут не одинаковыми по величине и различие их будет тем больше, чем больше угол, под которым по отношению к акустической оси симметрии будет действовать звук. Вследствие этого при прослушивании и создается впечатление локализации отдельных источников и прилежности исполнительского ансамбля по фронту.

Звуковые источники, находящиеся в центре ансамбля на акустической оси или симметрии, создают абсолютно идентичные напряжения в обоих стереофонических каналах, и будут одинаково воспроизведены обоими громкоговорителями. Слушатель в этом случае будет воспринимать звук как бы исходящий из точки в середине между двумя громкоговорителями.

Модифицированной системой интенсивностной стереофонии служит система MS, также как в системе XY осуществляется с помощью стереофонического микрофона, эквивалентная, с точки зрения результатов системе XY, но, как это будет показано ниже, имеющая по сравнению с последней некоторые эксплуатационные преимущества.

В системе MS стереофонический сигнал делится на "сигнал середины" (или сигнал M, от немецкого слова Mitte — середина) и "сигнал направления" (сигнал S, от немецкого Seite — сторона).

Подобное разделение стереофонического сигнала можно осуществить практически, расположив в одной точке два микрофона: микрофон M с диаграммой направленности в виде круга или кардиоиды, а второй микрофон S обязательно должен быть приемником градиента давления с диаграммой направленности в виде восемьмерки, ось максимальной чувствительности которой располагается перпендикулярно направлению на условный центр исполнительского коллектива (рис. 40).

Рассмотрим эту микрофонную систему подробнее. Предположим, что на некотором расстоянии от микрофона по дуге полукругности перемещается источник звука. Для гипотетических характеристик направленности микрофонов системы MS в прямоугольной системе координат, в которой график зависимости чувствительности микрофона с

круговой характеристикой направленности будет иметь вид прямой линии параллельной оси углов падения звуковой волны, а для посыпки — спираль конусовиды (рис. 41).

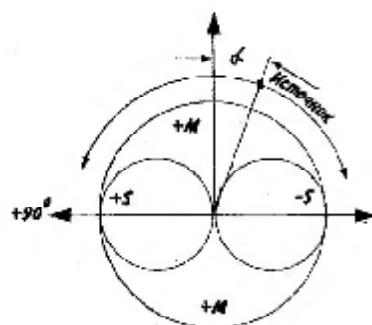


Рис. 40. Стереофоническая передача по системе MS

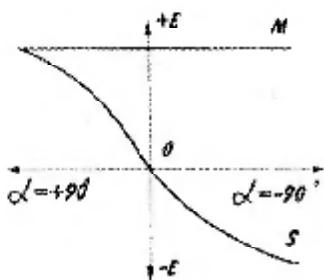


Рис. 41. Характеристики направленности микрофонной пары системы MS

Напряжение M , развиваемое микрофоном с круговой диаграммой направленности, будет постоянным при любом расположении источника звука. Это обычай монотонная информация, представляющая собой суммарное изображение левой и правой сторон звуковой картины.

Напряжение S на выходе микрофона с диаграммой в виде бесконечности зависит от положения источника звука по относению к микрофону. При перемещении источника на 90° по дуге звуко это напряжение будет равно по величине напряжению микрофона с круговой характеристикой в единице с ним по фазе ($S = M$).

Если источник звука располагается посередине, то напряжение S равно нулю и, наконец, если он переместится на 90° напротив, напряжения обоих приемников будут одинаковыми, но противоположными по фазе ($-S = M$). Таким образом, сигнал S служит посредником информации о расположении отдельных источников звука в студии, так как он соответствует разности интенсивностей звуковых волн, от одного и того же источника, находящегося на различительный элемент микрофона с двух сторон — слева и справа. Сигналы M и S не пригодны для непосредственного прослушивания. Это еще не полностью сформированные стереофонические сигналы — левый и правый, а как бы полуфабрикаты, содержащие необходимую для их формирования информацию о звуке. Как показано и с направлениями на отдельные его компоненты,

легко убедиться, что информацию системы MS легко преобразовать в информацию системы XY, производя для этого суммарно-разностное преобразование соответствующих электрических сигналов. Если в одном канале напряжение сигналов M и S сложить, а в другом канале из напряжения сигнала M вычесть напряжение сигнала S , то для каждого из каналов зависимость выходного напряжения от угла падения звуковой волны представится кривыми $M + S$ и $M - S$, изображенными на рис. 42.

А так как $M = X + Y$ и $S = X - Y$, то $M + S = X + Y + X - Y = 2X$ и $M - S = X + Y - X - Y = 2Y$.

Из изложенного видно, что эти две системы интенсивностной стереофонии эквивалентны по результатам.

Очевидно, что при передаче звучания группы исполнителей, имеющей в студии определенную протяженность, уменьшение напряжения сигналов S лечет за собой сужение базы. В этом случае для слушателя крайние источники звука звучат не с краской белы, ограниченной расстояниями между двумя громкоговорителями, а как бы из точек, лежащих ближе к середине. На этом обстоятельстве основана регулировка базы,

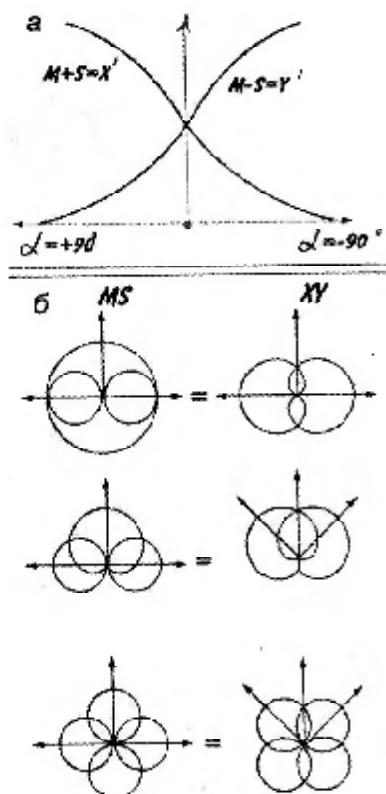


Рис. 42. График зависимости выходных напряжений от угла падения волны после суммарно-разностного преобразования — а и переход от системы MS к системе XY — б

заключающиеся в том, что, уменьшив значение приходящего на регулятор сигнала S , можно создать звуковую картину из одной точки, расположенной в середине между громкоговорителями. Этот крайний случай определяется условием равенства нулю значения сигнала информации S . При этом, после преобразования в канал X (левый) и в канал Y (правый) появляют однокаскадные напряжения сигнала: суммарный $M+0 = M$ и разностный $M-0 = M$.

Система MS требует введения в схему звукорежиссерского пульта дополнительных узлов (суммарно-разностных преобразователей, стерео регуляторов), однако она имеет перед системой XY преимущество, заключающееся в том, что техника микширования при использовании этой системы более проста, во многом идентична технике микширования обычной монофонической передачи и дает звукорежиссеру возможность регулировать как ширину звуков базы, звучных отдельными группами источников, так и направления на них.

Блок-схема входных каналов стереоснимистого пульта для работы по системе MS приведена на рисунке 43.

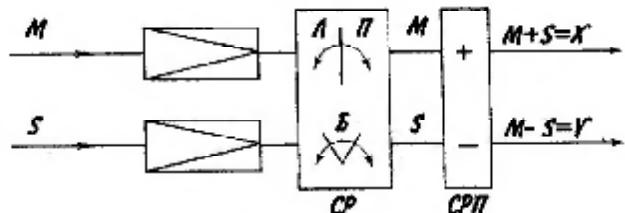


Рис. 43. Блок-схема входных каналов стереоснимистого пульта для работы по системе MS
CP — стерео регулятор; CP II — суммарно-разностный преобразователь

Здесь регулировочные функции разделены: регулировка ширины базы осуществляется за счет изменения величины электрического напряжения в цепи передачи сигнала S , а регулировка направлений путем подавления в канал S сигнала M в разных дозах, и с фазой, либо совпадающей с фазой сигнала S , либо с противоположной. Графическое

изображение воздействия регуляторов базы и направления на стереофоническую картину приведено на рис. 44.

В строке 1 приводится стартовая звуковая картина при среднем положении регулятора направления, при полной ширине базы. Эта звуковая картина может быть сужена до точки (строчки 2 и 3). В строчках 4–12 показано воздействие регуляторов направления и поворота стерей звукового изображения на обратные, начиная с положения "Середина" (строчка 4), через точку "Направо" (строчка 6), "Середина перевернутое изображения" (строчка 8), "Влево" (строчка 10) и кончая симметричным положением (строчка 12).

В строчках 13–18 показано действие регулятора направления при его повороте слева направо при закрытом регуляторе базы.

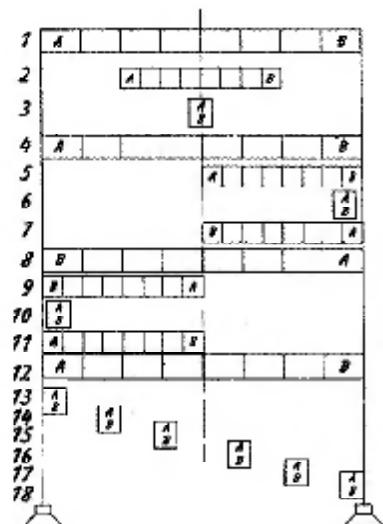


Рис. 44. Воздействие стерео регулятора на звуковую картину на стороне слушателя

Наряду с системами стереофонической передачи АВ, XY и MS, звукорежиссеры на практике чаще всего используют так называемый полимикрофонный способ записи, который заключается в установке в студии большого количества монофонических микрофонов, каждый из которых предназначен для передачи звучания одного инструмента, или определенной группы инструментов. При этом, чиняя место, используются огилисторонненаправленные микрофоны, они устанавливаются *широко* от исполнителей расстояния (в поле прямого звука).

При этом появляется возможность избежать взаимного проникновения звучания одних инструментов в микрофоны, установленные у других исполнников, благодаря этому звукорежиссер на микшерном пульте проходит радиальную регулировку и обработку звучания каждого инструмента, подбирая оптимальные их соотношения по уровню и добываясь естественности тембра и хорошей прозрачности общей звуковой картины. Для создания стереофонической панорамы, при использовании много микрофонной техники, в каждом из индивидуальных микрофонных каналов включается панорамный регулятор.

Панорамный регулятор представляет собой простую по построению электрическую схему, с помощью которой монофонический сигнал распределяется между двумя стереофоническими выходными каналами с любыми выбраными звукорежиссером соотношениями по уровню.

Это дает возможность расположить звуковое изображение данного инструмента в любой точке базы стереофонического прослушивания.

Стереофоническая система звукопередачи имеет ряд существенных особенностей по сравнению с обычной монофонической.

К электрическому тракту стереофонической передачи необходимо прописывать некоторые дополнительные требования. Прежде всего, различие коэффициентов передачи сигналов в обоих каналах не должно превышать определенной малой величины во всем рабочем диапазоне частот. Кроме того, между каналами должны быть обеспечены достаточно большое перекрещенное затухание для того, чтобы ее допускать проникновения сигналов из одного канала в другой. И, наконец, соотношения фаз сигналов на выходе тракта должны быть теми же, что и на входе.

Невыполнение первого из этих дополнительных условий позволяет перекос звуковой картины, например, появится клюкующийся сдвиг центра оркестра к краю базы. Недостаточное по величине перекрещенное затухание между каналами и, как следствие этого, прослушивание левого сигнала через правый громкоговоритель и наоборот резко ухудшает

отчетливость локализации, сужает базу, делает звучание малоакустичным.

Еще более вредное требование — правильная фазировка стереофонических трактов и идентичность их фазовых характеристики. Выполнение этого требования обеспечивает совместимость передачи.

Действительно, при стереофонической передаче звуки от инструментов, находящихся в центре ансамбля, неадекватно на микрофоны таким образом, что влевом и правом каналах создается синтетика: электрические сигналы. Сдвиг фаз между этими сигналами на выходах тракта приводит к тому, что при суммировании обеих информаций для получения монофонической версии передачи, в результате взаиморегулирования колебаний проявляется усиление слабых и ослабление других гармонических составляющих сигнала, от чего тембр звучания может существенно измениться.

ТЕМА 3.2. УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ И КОНТРОЛЯ ЗВУКОВОГО СИГНАЛА

3.2.1. Звукорежиссер и его задачи

Звукорежиссер — это специалист, имеющий подготовку как музикальную, так и техническую. Достаточно ясно представление об электроакустических процессах, происходящих в цепи звукопередачи, знание особенностей и специфики радионапечатывательного сигнала и аппаратуры для его обработки помогают звукорежиссеру активно принимать участие в творческом процессе формирования высококачественного звукового образа и его звукозаписи. Этот процесс должен венчаться предоставлением слушателю достаточно точной и полной информации о звуковом событии, с тем, чтобы даже при радиовещании возникающие у слушателя искажения могли воспринять отсутствие зрительного образа и доставить ему полное эстетическое удовлетворение. Эта задача не из легких, так как электроакустическая звукопередача не в состоянии воспроизводить звуковую картину без известного нарушения натуральности звучания. Действительно, во многих случаях нельзя передать естественный драматургический макет исполнения без его искусственного смягчения. Воспроизведение фонограммы в жилой комнате, как правило, ведется на уровне громкости меньшем, чем естественная громкость при исполнении произведения в зале. При обычном аудиоканальном (монофоническом) воспроизведении звуковой программы через один громкоговоритель, неестествен-

ность воспроизведения усиливается тем, что все звуки слышатся исходящими из одной точки, и слушатель утрачивает существо взаимного расположения и протяженности (размеров по ширине) отдельных исполнителей звука. Теряется то специфическое качество слухового опущения, которое принято называть пространственной перспективой. Поскольку слушатель не может локализовать отдельные инструменты в пространстве, эффект взаимной маскировки одних групп исполнителей другими оказывается сильнее, чем в натуре. Этолечь за собой нивелирование отдельных оркестровых партий, а иногда и нарушение их соотношений в оркестре — так называемой музыкальной бионики. К этому следует добавить, что при прослушивании через динамики, восприятие отраженных от стен помещения звуковых сигналов несколько отличается от их восприятия слушателем в условиях естественного прохождения в зале или студии.

Все перечисленное (не говоря уже о заметных изюминках слуха исполнителя, понимание которых возможно из-за несовершенства аппаратуры электроакустического тракта) позволяет говорить о неискаженной передаче в изистикой мере лишь условие, понимая под этим передачу, способную вызвать у слушателя представление об исполнении на основе прежнего опыта посещения концертов.

Исходя из такого подхода, можно объяснить и разницу в задачах, стоящих перед звукорежиссером при передаче различных форм музыкального материала. Например, звучание серийной музыки (симфонической, оперной, хоровой, камерной) хорошо известно и привычно слушателям. Поэтому задача звукорежиссера в этом случае сводится к тому, чтобы, используя доступные ему технические средства, добиться наибольшей естественности звучания голосов и музыкальных инструментов.

Несколько иначе обстоит дело с эстрадной музыкой, с появившейся в последнее время многочисленными ансамблями поп-музыки, использующими электронные музыкальные инструменты, звучание которых весьма специфично и знакомо широкой публике главным образом благодаря звукозаписи. Здесь выработался современный стиль звучания, ставший своеобразной модой, который до многого определялся технологическими возможностями электроакустической аппаратуры. Этот стиль нестолько отличается от естественного звучания, что эстрадные исполнители даже, выступая в концертах на экране, предпочитают прибегнуть к помощи микрофонов, микрофонных пультов и других специальных средств обработки сигналов, чтобы слушатели в зале через системы звукоусиления могли получить то звучание, которое стало привычным. Совершенно

очевидно, что работа звукорежиссера в таких условиях не проста, очень ответственна и существенно отличается по задачам от передачи классической музыки.

При звукоиздании музыкальных произведений различных жанров и содержания и формы, звукорежиссер должен иметь возможность обрабатывать звуковые сигналы и формировать программы в соответствии со стоящими перед ним конкретными задачами, ориентируясь при этом и, в основном, на свой опыт и художественный вкус. Изумительно, для этого ему необходимо располагать соответствующими техническими средствами. Именно поэтому современная студийная электроакустическая и звукозаписывающая инфраструктура очень разнообразна по составу, схемам и достоинствам.

3.2.2. Миниатюрный пульт

Функции миниатюрного пульта — усиление выражений сигналов звуковой частоты, регулировка, обработка и смешивание в нужных соотношениях сигналов от различных источников: микрофонов, магнитофонов, внешних линий и т.п. При формировании музыкальных художественных программ одновременно используется несколько источников, что делает миниатюрный пульт неотъемлемой частью любой студии радиопередачи и звукозаписи. Схемы миниатюрных пультов различны типов и отдельных деталей могут отличаться друг от друга — это зависит от специализации и конструктивного решения, однако все они имеют общие черты. Например, в составе всех современных миниатюрных пультов можно обнаружить блоки (модули) с определенными рабочими функциями. Конструкторы, могут формировать пульты самого разного назначения из тихих стандартных блоков. На рис. 45 приведена простейшая функциональная схема миниатюрного пульта, на которой читатель может познакомиться с общими принципами работы подобных устройств.

Звуковые колебания подаются на входные каналы пульта. Таких входных каналов может быть достаточно много: от 4-х, 6-и в пультах, предназначенных для малых студий, до 32-х и даже 48-и — для больших концертных студий.

Переключатели, источниками сигналов (ПИ) питаются подключать к любому из входных каналов микрофоны, уровень сигнала которых — около единицы милливольта или сигналы "высокого" уровня, например, с внешней линии или с выхода магнитофона. В этом случае коммутационное напряжение сигнала, примерно, в 1000 раз (на 60 дБ) выше, чем от

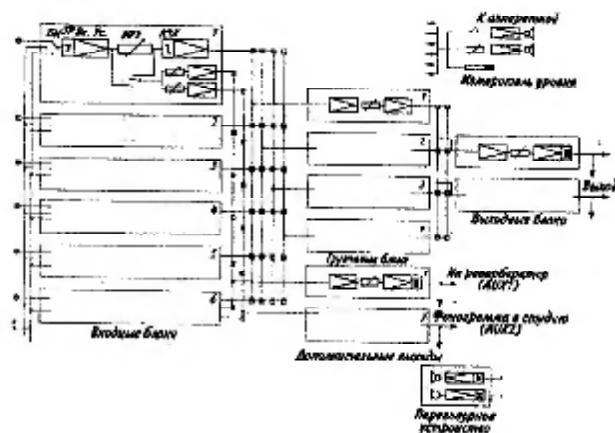


Рис. 45. Типичная блок-схема студийного миниатюрного пульта:
ПИ — переключатель источника сигнала; УР — установочный регулятор уровня;
Вх. ус. — входной усилитель, ИРУ — индивидуальный регулятор уровня;
К-Х — корректор частотной характеристики

микрофонов — обычно 1,55 В (+6 дБ). Чтобы уравнять входные уровни сигналов, поступающих на пульт, например, от микрофонов с разной чувствительностью и не допустить перегрузок первых ступеней усиления входных усилителей (УУ), на регенерации звукорежиссер с помощью "антенаторов" — установочных, ступенчатых регуляторов уровня (УР) — приводит все цепи уровня к расчетной, номинальной для данного типа усилителей величине.

Оперативная регулировка уровня сигналов, к которой звукорежиссер прибегает в процессе исполнения произведения, определены пропорциями их последующего смесивания (миниатюризации), выполняется с помощью индивидуальных регуляторов уровня (ИРУ), установленных за входными усилителями. Такая воспроизводительность не случайна. Любые регулировки, выполняемые по ходу передачи, в принципе могут стать

искусственных помех: порогов, потрескиваний и т.п. В этом случае предпочтительнее регулировать сигнала более высокого уровня — упомянутые помехи будут меньше влиять благодаря усиливирующему действию меньшего сигнала.

Известны различные конструкции регуляторов уровня. Чаще всего в микротехнических пультах применяются простые по конструкции потенциометрические регуляторы, на основе которых токопропусканий элементов (пластика). Величина сопротивления и соответствующий уровень выходного напряжения сигнала регулируется с помощью глянко скользящих по узкой поверхности щеток-ползунков. Такие регуляторы обычно включаются между усилителями ступенями — этим исключается совместное влияние регулировки уровня в одном канале на уровень сигнала от других источников в соседнем канале. В современных микротехнических пультах иногда используется система управления классическими усилителями с помощью постоянного (малоизменяющегося) напряжения, подаваемого на их управляемые цепи. Причем, это напряжение можно менять по величине либо усилителями на пульте регуляторами, либо дистанционно, что позволяет автоматизировать этот процесс. Используются микропроцессоры и компьютеры.

Следующая ступень передачи — корректор частотных характеристик (КЧХ). Корректоры яго или иного типа, как правило, устанавливаются в канале из входных каналов. Это дает возможность корректировать тембр звучания отдельных инструментов различного. О практическом применении корректоров речь пойдет ниже.

Для смешивания сигналов, передаваемых по входным каналам и для формирования готовой программы, в пульте имеются так называемые сборные шины, представляющие собой пассивные смесители на резисторе, в которых логичные уроны сигналов на разделяющихся сопротивлениях компенсируются усилителем, установленным непосредственно после шин. Сборные шины конструктивно оборудованы также в виде блоков, на первых панелях которых размещены коммутационные кнопки. С помощью этих кнопок любой из входных каналов может быть подключен к соответствующей сборной шине. При этом в пультах, имеющих большое число входных каналов, применяется несколько сборныхшин, с помощью которых входные каналы собираются в группы. Последние, в свою очередь, коммутируются на главные сборные шины, формирующие выходной сигнал. Число групповых и выходных каналов может быть разным и зависит от назначения пульта. Если пульт универсален, т.е. предназначен

как для моно, так стереофонической записи, то он должен иметь по меньшей мере два выходных канала. А в целях для многодорожечной записи предусматривается дополнительная приемка и подключение индивидуального (входного) и группового канала прямо к входу многодорожечного магнитофона, минуя выходные каналы пульта. Схемы современных пультов позволяют подать любые входные и групповые сигналы на тракт реквербатора или эхо-камеры, с последованием этих трактов до или после соответствующего регулятора уровня или корректора. В состав микротехнических пульта обычно входит в виде отдельных блоков автоматические регуляторы уровня передачи, ограничители и компрессоры. О принципах работы этих устройств речь далее пойдет более подробно.

Переключатели музикарежисера с исполнителями, находящимися в студии, и команды о начале записи и ее остановки осуществляются с помощью переговорного устройства, чаще всего тоже входящего в комплексную микротехническую пульт. Для соблюдения нормальной диаграммы уровней сигналов при их прохождении через тракт пульта и для предупреждения звукорежисера о возможных перегрузках тех или иных звеньев схемы в пульте предусмотрены специальные индикаторы перегрузок, предполагающие собой схемы сравнения, закрывающие лампочки в том то усилительных блоков, на выходе которых появился сигнал с уровнем больше допустимого. При этом звукорежисер должен регулятором уровня предыдущего звука снизить уровень сигнала до нормального.

3.2.3. Методы регулировки динамического диапазона программы Автоматическое регулирование уровня (APU)

Автоматические регуляторы уровня сигнала работают по принципу изменения коэффициента передачи усилителя в зависимости от уровня сигнала, подаваемого на вход этого усилителя. Существует несколько модификаций автоматических регуляторов уровня: усилители-ограничители (линейеры), сжиматели (компрессоры) и расширители (экспандеры). Причем конструктивно, эти устройства могут представлять собой как составные части микротехнических пульта, так и быть самостоятельными независимыми блоками.

Ограничитель работает как простой усилитель до того момента, пока поданный на его вход сигнал не превысит по уровню установленный предел. При дальнейшем возрастании сигнала коэффициент передачи начинает уменьшаться пропорционально росту уровня. Были свары этому выходной уровень не может превысить максимальную допустимую величину.

Графическая зависимость выходного уровня усилителя-ограничителя от входного (так называемая, статическая амплитудная характеристика) в линейном масштабе представлена на рис. 46.

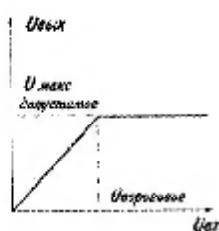


Рис. 46. Идеализированная амплитудная характеристика усилителя-ограничителя

Компрессор отличается от ограничителя тем, что его амплитудная характеристика принципиально криволинейна и имеет так называемый краевой эффект (рис. 47).

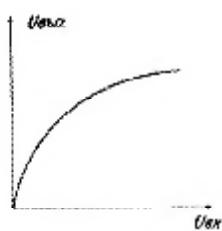


Рис. 47. Амплитудная характеристика компрессора

При малых входных уровнях крутизна характеристики компрессора больше, чем у ограничителя (коэффициент усиления слабых сигналов наибольший), а при больших входных уровнях крутизна характеристики компрессора меньше, чем у ограничителя (коэффициент усиления сильных сигналов наименьший).

С ростом уровня амплитудная характеристика компрессора становится все более пологой, т.е. коэффициент усиления уменьшается. Таким образом, компрессор на выходе подавляет малые уровни и понижает большие, скажем таким образом динамический диапазон до величины, установленной при настройке прибора.

Расширителем (экспандером) имеет амплитудную характеристику, обратную по отношению к характеристике компрессора. Экспандер на выходе подавляет малые и усиливает большие уровни, тем самым, расширяя динамический диапазон.

Усилители-ограничители устанавливаются обычно на выходе тракта, чтобы предохранять последующие его звенья (выход ящиков магнитофонов, линий передачи программ радиовещания, радиопередатчики и т.п.) от перегрузок. Сжиматели (компрессоры) помимо основной несут и дополнительные функции: усиливая слабые сигналы, они увеличивают, тем самым, средний уровень передачи. Все это приводит к существенному выигрышу по мощности и, в конечном итоге, по громкости звука, что, естественно, очень важно в радиоприемниках, так как способствует увеличению дальности приема радиопередач.

Расширитель (экспандер) в тракте звукопередачи применяется редко, этот прибор наиболее часто используется в различных системах шумоподавления. Например, компрессор вместе со специальными сигналами изображено поднимает и уровень шума усилителя, поэтому в схеме вместе с компрессором приходится мюнтинги и специальные устройства — шумодавитель, который при малых уровнях сигнала работает по принципу экспандера, понижающего шум в пазух между полезными сигналами.

Все рассмотренные выше приборы спиритруются на один и те же принципы работы, позволяющие можно с помощью общей блок-схемы, изображенной на рис. 48.

Сигнал подается на входную, затем на управляемую и, наконец, на выходную ступень прибора. С выхода, а иногда и с входа прибора (это не является принципиальным), сигнал отбирается и попадает на управляемую цепь, состоящую из двухполупериодного выпрямителя и фильтра. На выходе выпрямителя напряжение имеет постоянную полярность, но меняется по величине со звуковой частотой и в зависимости от среднего уровня сигнала в канале передачи. Мгновенные изменения напряжения, которые претерпевает сигнал в интервале каждого своего колебания, не должны влиять на автоматическую систему, иначе будет исказяться его форма. Автоматический регулятор уровня — прибор инверционный. Фильтр

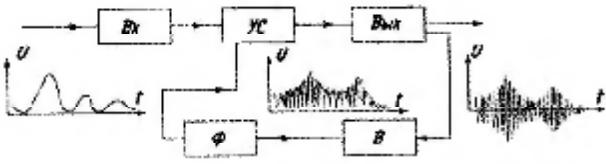


Рис. 48. Блок-схема автоматического регулятора уровня:
Вх — входная ступень; УС — управляемая ступень; Вых — выходная ступень;
B — выпрямитель; F — фильтр

поддается все составляющие напряжения звуковых частот и на его выходе формируется напряжение, пропорциональное среднему значению выпрямленных колебаний. Естественно, что среднее значение возрастает, когда растет уровень сигнала, и спадает, когда сигнал мал. Это сравнительно медленно меняющееся напряжение и используется в качестве управляющего. Оно изменяет коэффициент усиления управляемой ступени так, чтобы устранило имело ту амплитудную характеристику, которая соответствует типу данного автоматического регулятора уровня: ограничителя, компрессора или экспандера.

Характеристики работы суперрегуляторов уровня для звукоиздателя будут более наглядны, если их изобразить не в линейном, а в логарифмическом масштабе. В этом случае по горизонтальной оси откладывается выраженный в децибелах динамический диапазон сигнала на входе регулятора (D), а по вертикальной — тоже в децибалах, динамический диапазон на его выходе (d). Численная величина изменения динамического диапазона звукового сигнала после прохождения авторегулятора, называемая характеристикой его работы. Наищееется эта величина коэффициентом ската (или, на английском языке — *ratio*). Причем скаты, что коэффициент ската $r = D/d$. Таким образом, коэффициент ската для обычного усилителя $r = 1$, для компрессора $r > 1$ (обычно — 2-5), для ограничителя $r = 20$ и до бесконечности, а для экспандера $r < 1$.

В настоящие время существуют автоматические регуляторы уровня с комбинированными амплитудными характеристиками, которые на разных уровнях могут работать по-разному. Например, на больших уровнях прибор может работать как ограничитель, а на средних — как компрессор.

Амплитудная характеристика такого автогенератора в логарифмическом масштабе изображена на рисунке 49.

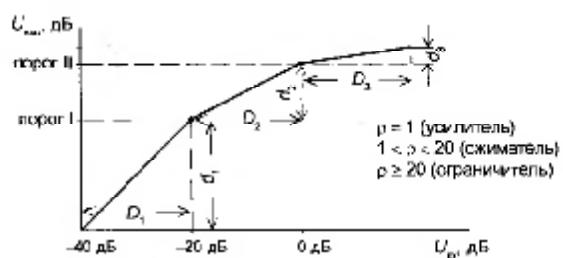


Рис. 49. Амплитудная характеристика компрессора-ограничителя, изображенная в логарифмическом масштабе

Звукоиздатели, обычно, устанавливают не своему усмотрению точки начала включения того или иного режима работы прибора, так называемые пороги срабатывания (Threshold). Из рисунка видно, что в диапазоне уровней от нуля до первого порога срабатывания — динамический диапазон на входе и выходе одинаков, $\rho = 1$ (режим усиления), далее, после первого и до второго порога — $\rho > 1$ (компрессия) и, наконец, после достижения второго порога сигнал на выходе не усиливается более, наступает режим ограничения. Причем, в таких приборах, по желанию звукоиздателя, могут изменяться и подбираться не только амплитудные характеристики, но и, так называемые, динамические параметры, определившие описание на качество звучания. Это — время срабатывания, (attack), иными словами, скорость перехода регулятора на изменение входного уровня, и время восстановления коэффициента передачи прибора в исходное состояние (release).

Время срабатывания автогенераторов обычно мало — около 1,5 мс, и время восстановления может широко изменяться в зависимости от особенностей звукового материала — от 100 мс и до 1-2 с.

Современная техника допускает очень высокую степень автоматизации процесса регулирования уровня. И, тем не менее, никакая автоматизация

не исключает и не может исключить квалифицированного звукоизделия. Дело в том, что автоматическое сжатие динамического диапазона несет за собой более или менее заметные нарушения художественных нововведений, способные лопнуть произведение контрастности, сделать исполнение монотонным. Поэтому в художественном радиовещании и звукозаписи регулировка динамического диапазона обязательно должна возлагаться на квалифицированных специалистов — звукоизделий, имеющих музыкальные образования, технические знания и способных находить компромиссное решение между требованиями техническими и художественными.

Следя по партитуре за ходом исполнения, звукоизделие чаще всего с помощью ручных регуляторов уровня, сориентируется на показания прибора — измерителя уровня и слухового восприятия программы по контролльному трамблеру, доводит динамический диапазон до нормы, не напосыпав существенного ущерба замыслу композитора и исполнителей. Автоматические регуляторы динамического диапазона звукоизделий используются только как вспомогательным средством. Предположим, что необходимо выделить и подчеркнуть в оркестровом звучании какую-либо группу инструментов, например, медные духовые инструменты. В этом случае выгодно увеличить их средний уровень, т.к. громкость, как известно, зависит от среднего уровня сигнала. Но при этом становится трудно усечь за мелодинамики, не допустимыми по величине пиками — выбросами уровня, их следует своевременно понизить вручную — это необходимо для защиты последующих звеньев тракта звукоизделия от перегрузок. В этой работе существенны помощники звукоизделию может оказаться включенный в тракт микрофона компрессор или ограничитель. Компрессор, сжав в необходимой степени динамический диапазон передачи легких инструментов, увеличит их средний уровень, сплеснет звучание более интенсивным, "компактным". Для этой же цели можно воспользоваться и ограничителем. Включив его в микрофонный тракт и исключив, таким образом, возможность перегрузки тракта, можно соответственно увеличить средний уровень сигнала с микрофоном и также достичь эффекта увеличения громкости данного инструмента.

Однако не всегда удается искусственно путем добиться сжатия динамического диапазона так, чтобы это осталось незамеченным для квалифицированного слушателя. Тогда приходится прибегать к помощи самых исполнителей. К примеру, опытный дирижер, понимающий специфику

радиовещания и звукозаписи, при работе в студии следует советам звукоизделия и сам старается уменьшить громкость на фортиссимо и усилить звук на пийессимо, сохраняя при этом необходимые язвы, звуковые контрасты и соотношения.

3.2.4. Частотная коррекция

Включение в схему микшерного пульта электрических фильтров различных типов дает возможность звукоизделию в необходимых случаях оперативно корректировать тембр звучания как отдельных инструментов, так и ансамбля в целом.

Частотная коррекция (которую, если говорить строго, правильнее было бы назвать введенением в тракт звукоизделии предамеренных частотных вспомогательных) используется сейчас при всех видах архивации, но наиболее широкое распространение она получила при записях эстрадной и развлекательной музыки. Некоторая волнистость, предоставляемая звукоизделию в выборе звуковых окрасок при записи этой формы музыки, тенденция к исключению самого узнаваемых звуковых эффектов и трюковых приемов для придания звучанию своеобразного блеска и оригинальности, делают применение электрических фильтров при записи совершенно необходимым.

В обычных же случаях управление частотной характеристикой тракта звукоизделии может помочь скрасить возможные недостатки акустики студии (например, ее формальный характер), а также улучшить четкость звучания отдельных инструментов, искусственно подчеркивая характеристики для этих инструментов спектральные соединяющие.

Существует несколько видов корректирующих устройств, отличающихся друг от друга выполняемыми функциями.

Фильтр среза низших частот (по принятой в литературе терминологии его называют силлогром низших частот), ограничивает нижнюю границу рабочего диапазона путем резкого подавления всех сигналов с частотами меньшими заданной частоты среза. Частоту среза можно изменять, пользуясь штекером,ющим, установленным на панели регулировок микшерного пульта. Частота среза фильтра была эффективной крутизной среза частотной характеристики должна быть не меньше чем 6:12 дБ на октаву. Например, если частота среза выбрана равной 120 Гц, то уменьшение частоты на октаву, т.е. до 60 Гц, должно вызвать падение уровня передачи в 2 или в 4 раза (т.е. на 6 или 12 дБ). Ход частотной характеристики фильтра высших частот изображен на рис. 56а.

Фильтр низших частот пропускает без ослабления лишь низкие звуковые частоты до какой-то определенной частоты, выработанной в качестве граничной. На более высоких частотах фильтр подавляет сигналы, обеспечивая крутизну спада частотной характеристики не меньшую, чем 6 или 12 дБ на октану. Характеристика этого фильтра — на рис. 50б.

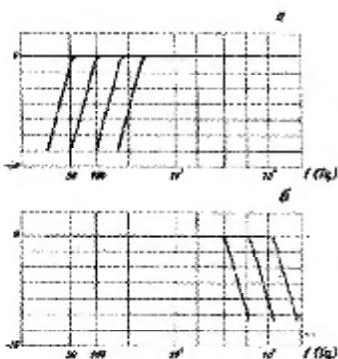


Рис. 50. Частотные характеристики фильтров высших (а) и низших (б) частот

Широко применяются звукоизжигателями и другие виды корректоров частотных характеристик, получившие наименование эквалайзеров: параметрических и графических.

С помощью параметрического эквалайзера осуществляется подъем и спад частотной характеристики передачи, с возможностью выбора регулируемых параметров максимальной величины подъема или спада (в дБ) на крайних частотах диапазона (f_l), и при этом крутизна хода частотной характеристики (Q) (рис. 51).

При пении или игре на музыкальных инструментах звуковая энергия не распределяется равномерно по всему спектру звуковых частот, изученных данным источником. Удобие изотипических звучаний характеризуется ярко выраженнымами формантами, т.е. подъемом уровня в строго определенных, иногда достаточно узких участках спектра. Например, значительный подъем спектральной характеристики в области 2,8–3 кГц

придает мужскому певческому голосу то качество, которое приводит называть постадионным голосом.

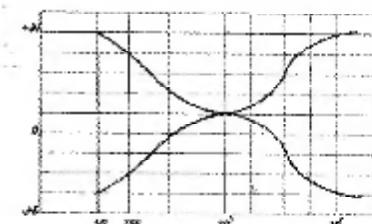


Рис. 51. Частотные характеристики параметрического эквалайзера

В перечень функций параметрического эквалайзера входит искусственное формирование форматных образований, благодаря которым звукорежиссер может добиться как бы приближения исходников к микрофону, сделать звучание более отчетливым и конкретным. Этот эффект, называется эффектом присутствия. Поэтому фильтр, с помощью которого осуществляется подъем частотной характеристики в узких полосах частотного диапазона, называется фильтром присутствия. В современных параметрических эквалайзерах предусматривается произвольный набор средней частоты полосы, включаемой фильтром присутствия, а также величины подъема. Формы возможных частотных характеристик фильтра присутствия изображены на рис. 52.

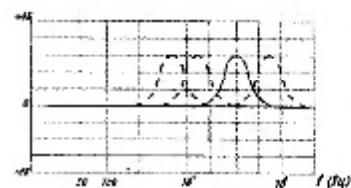


Рис. 52. Частотная характеристика фильтра присутствия

Еще более универсализен, так называемый графический эквалайзер. Действие его основано на том, что подаваемый на вход сигнал, с помощью включенных параллельно полосовых фильтров с большой крутизной спада за пределами их полос пропускания, делится на отдельные частотные полосы (обычно, октавной, полоуктавной или третьюктавной шириной). Далее эти полосы на выходе прибора смешиваются, с возможностью регулирования, с помощью профильных регуляторов, уровень каждой из полос в отдельности, подбирая нужные соотношения между ними. Положения ручек профильных регуляторов на лицевой панели прибора очень наглядно, как бы графически, изображают сформированную таким образом частотную характеристику передачи (рис. 53).

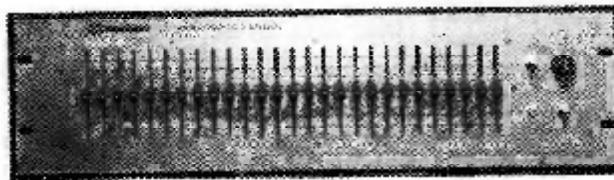


Рис. 53. Графический эквалайзер

Все описанные выше корректоры могут быть встроены в микшерный пульт, в качестве его составных частей, или представлять собой отдельные самостоятельные блоки, монтируемые обычно в стойках специальных, которыми оснащаются современные студии.

Несколько слов надо сказать еще об одном полезном приборе — экскайтере. Экскайтингование — это обогащение сигнала, гармониками, утраченными при записи. Экскайтер сам достраняет высшие гармоники, отталкиваясь от огибших основных типов.

Перечисленные в этой главе устройства не исключают друг друга, наоборот, они могут с успехом использоваться в комплексе, давая звукорежиссеру дополнительный инструмент для формирования звукового образа в соответствии с поставленными задачами и собственным художественным вкусом.

ТЕМА 3.3. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

По ходу записи или передачи звукорежиссер должен непрерывно контролировать качество звукового сигнала. Контроль уровня передачи осуществляется построеному в путь измерителю уровня, стереофонический эффект — по специальным приборам: киррелометру и стереогониометру, в качестве звучания — на слух по установленным в аппаратной концертным акустическим (тромхоговорящим) устройствам прослушивания. Понижение контрольных устройств к реальным точкам схемы осуществляется кнопочным коммутатором, расположенным на панели управления пульта.

3.3.1. Измеритель уровня

Измеритель уровня обеспечивает визуальный контроль уровня передачи и ее динамического диапазона. Это специальные энсилитические приборы переменного тока, подключаемые, головкой вольтметром, параллельно какому-либо элементу канала радиовещания или звукозаписи. Обычные вольтметры переменного тока рассчитаны на измерение синусоидальных напряжений, соответственно традиционны их шкалы — в действующих (эффективных) значениях напряжения, которые в 1,41 раза (квадратный корень из двух) меньше амплитудных. Звуковой сигнал имеет достаточно сложную форму и по характеру ближе к импульсным, чем гармонических. К тому же — это шумящий сигнал. При контроле уровня нас должны интересовать его текущие значения.

Для точной регистрации изменений уровня звукового сигнала можно было бы иметь быстродействующий, практический безинерционный прибор. Таким, например, является электронный осциллограф, способный показывать на своем экране все мгновенные изменения уровня передачи. Однако скорость этих изменений настолько велика, что для человека будет не в состоянии уловить эти мельчайшие луча-указателя. Кроме того, и это также очень важно, слух человека обладает некоторой инерцией — способностью запоминать и усреднять воспринимаемую на барханную перепонку информацию. Ичено блуждающая энергия слуха воспринимаемая громкость кратковременного звукового импульса зависит не только от его уровня, но и от продолжительности. Так кратковременный звук длительностью 10–20 мс кажется заметно менее громким, чем звук той же интенсивности, но продолжающийся, например, 150–300 мс.

Из-за этого громкость определяется средним по некоторому интервалу времени значением энергии звуковой волны. Измеритель уровня громкости,

всегда, должен быть инерционным прибором, показывающим усредненные значения энергии измеренных сигналов. Это достигается применением специальной схемы (рис. 54), в которой удерживание (интеграция) сигнала производится при помощи быстрого заряда конденсатора выпрямленным напряжением звуковой частоты, т.е. через интегрирующую RC -цепь ($R_1 - R_2 - C$). Конденсатор с момента заряжания через цепь $C - R_2$ на показывающий прибор A . На заряд конденсатора требуется определенное время, которое зависит от параметров зарядной цепи схемы прибора. Продолжение AC определяет постоянную времени заряда τ_i , и, фактически, интервал интегрирования (усреднения) звукового сигнала. Повторяя величины сопротивления резистора R_1 и емкости конденсатора, можно разумно распорядиться этим вакуумом параметром измерителя уровня, часто называемым временем интегрирования прибора (t_i). Выбрав величину сопротивления резистора R_1 , можно получить желаемую величину времени разряда конденсатора на прибор-указатель и тем самым приспособить время восприятия указателя в исходное положение. Время возврата указателей измерителей уровня обычно равно 1,3–1,7 с. Измерители уровня имеют логарифмическую шкалу. Это необходимо для наблюдения за уровнем переключа в большом динамическом диапазоне. Кроме того, показания прибора с логарифмической шкалой, отградуированной в децибелах, более точно соответствуют восприятию органов слуха изменений громкости звука. Логарифмирование показаний измерителя уровня производится специальной схемой логарифмации, входящей в состав входного усилителя прибора. Шкалы отградуированы в децибелах и в процентах. За максимально допустимый уровень переключа обычно принимают отметку шкалы 100% (0 дБ). Динамический диапазон измерений у разных типов приборов разный, но, обычно он равен примерно 50 дБ (от -45 до +5 дБ относительно нулевой отметки). Уже подчёркивалось, что постоянная времени или время интегрирования — одна из основных характеристик измерителя уровня, она существенно влияет на точность показаний прибора. Время интегрирования можно определить, сняв временную характеристику измерителя уровня. Делается это так: на вход измерителя подаются тональные импульсы — отрезки (шакты) разной длительности синусоидального напряжения звуковой частоты. Затем строится временная характеристика. Для этого по оси абсцисс в соответствующем масштабе откладывают значения длительности тональных импульсов, а по оси ординат — максимальные показания прибора в процентах (за 100% обычно принимают установленные показания при длительном воздействии тонального

сигнала на прибор). Обычно временную характеристику строят для интервала длительностей тональных импульсов от самых коротких, например, 5 мс до продолжительных — 200 мс. Как видят временные характеристики, показаны рис. 55. Длительность импульса, при которой указатель прибора отклоняется на 80%, принимают за время интегрирования измерителя уровня t_i . Так, на рис. 55 кривая a соответствует прибору с временем интегрирования $t_i = 5$ мс, а кривая b — прибору с временем интегрирования $t_i = 200$ мс. Эти временные характеристики измерителей уровня приведены здесь не случайно. Дело в том, что в радиовещании и звукозаписи в разных странах мира используют именно эти два типа приборов (с постоянными 5 и 200 мс).

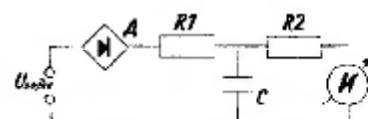


Рис. 54. Интегрирующая цепь измерителя уровня.
Д — выпрямляющий диод;
 R_1, R_2 — сопротивления соответственно цепи заряда и разряда конденсатора C ;
 M — измерительный прибор, например ток.

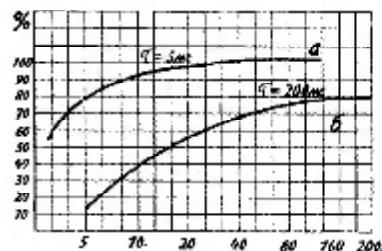


Рис. 55. Временные характеристики измерителей уровня

Быстро действующие приборы с малым временем интеграции ($t_i = 5$ мс) удобны, когда наблюдение ведется за самыми короткими выбросами уровня — пиками, которые могут вызвать нелинейные искажения. Такие приборы называют измерителями квазивибрационных значений (международное обозначение PPM). Они стандартизованы в России и в большинстве европейских стран. Однако следует иметь в виду, что показания измерителей квазивибрационных значений не всегда соответствуют субъективному восприятию громкости. Различные по форме звуковые материалы могут создавать сигналы с разной временной структурой — с быстрыми или более медленными изменениями наложения, что влияет на показания прибора. Кроме того сигналы звуковых программ могут отличаться друг от друга по никвадактуру коэффициенту отклика ников от среднего значения уровня. Пикфактор, в сущности, и определяет громкость.

Сигнал с ярко выраженным импульсным характером, среди максимальных значений которого преобладают резко меняющиеся от максимума до нуля (например, при игре пианино на струнных инструментах), воспринимается не так громко, как сигнал с той же зарегистрированной прибором максимальной величиной, но в котором преобладают относительно длинные участки с медленно меняющимся уровнем (например, произнесеннаяnota, исполненная на трубе, тромбоне, флейте и т.д.). А еще более это заметно в переключах, в которых есть резкие переходы от речевых фрагментов к музыкальным и наборам. Несоответствие громкости речи и музыки, имеющих разный никвадактор, при их одинаковом уровне по прибору квазивибрационных значений, часто вызывает активное недовольство слушателей, заставляя их, в ходе передачи, находить к приемнику и, либо прибавлять громкость речи, либо приглушать музыку. Это звукоиздатель не слушает забывать. Звукоиздатель, компенсирующий превышенно допустимые уровни передачи по прибору и одновременно прослушивающий программу через громкоговоритель, диктует, ориентируясь именно на свой слух, регулировать уровень отдельных компонентов звукорядка так, чтобы добиться наилучшего художественного выражения их громкостей.

Вместе с тем общую картину громкости передачи более правильно и точно отражают измерители уровня с большой постоянной интеграции. Такие приборы называют измерителями средних значений или VU-метрами (время интеграции $t_i = 200$ мс). Эти приборы отвечают стандарту, принятому в Америке.

В наших студиях, разумеется, можно использовать любой из упомянутых измерителей уровня. Однако при контроле максимально допустимых уровней по прибору средних значений (VU-метр) следует делать поправки на его инерционность. Вернемся к временным характеристикам рис. 55, и именно к кривой б. Кривая показывает, что импульсы длительностью 5 мс (а они часто присутствуют при воспроизведении музыки и речи) отклоняют указатель прибора менее чем на 20% пика. По сравнению с импульсами длительностью 200 мс (отклонение — 80%) "неполоказ" истинной величины пиками искаженного импульса соответствует сдвиганию уровня более чем в 2,5 раза или на 8-9 дБ.

Трудности работы с измерителями средних значений связаны с тем, что поправки к показаниям прибора зависят от частоты появления и величины коротких импульсов в звуковом сигнале. Конкретные значения таких поправок лежат в достаточно широком интервале 3-9 дБ. Основываясь на статистических данных, можно считать, что недостатки на шкале VU-метра максимальные пикки уровня в средней превышают показания прибора на 6 дБ. Поэтому тем, кто работает с измерителем средних значений с временем интеграции 200 мс, можно рекомендовать следующее. Допустим, что максимальный выходной уровень — 1,55 В (-6 дБ). Поэтому чувствительность прибора следует отрегулировать так, чтобы калибровочный сигнал с частотой 1000 Гц и напряжением 0,775 В (0 дБ), вызывал отклонение "100%" или "0" дБ. При такой калибровке прибора остается следить, чтобы максимальные видимые пикки уровня не превышали отметки 100% (0 дБ). В этом случае пиковый уровень сигнала не выйдет за пределы допустимых 1,55 В. Таким образом, учитывая инерционность прибора, мы создаем резервную зону уровня ("бандыши"). Препятствующую канал от перегрузок. Еще более значим выбор резервной зоны перегрузок по уровню в каналах цифровых систем звукозаписи и цифровой звукозаготовки. Цифровая система чувствительна к мгновенным и кратковременным перегрузкам, которые при традиционном аналоговом методе передачи существенных искажений не внесли бы в сигналы незаметными. Импульсы короче 5 мс слушателями не воспринимаются. Но если их допустимый уровень превышен, то в каналах цифровой передачи они вызывают специфические искажения в виде хрипов и щелчков, которые способны сделать звук совершенно непригодным по качеству. Измерители уровня, традиционно применяемые в радиовещании и аналоговой звукозаготовке, не регистрируют импульсы короче 5 мс. Поэтому в цифровой аппаратуре применяются практически

безинерционные измерители уровня, реагирующие на импульсы длительностью около 20 мкс.

Показания таких приборов заметно отличаются от показаний измерителей квазипиковых значений и, еще более, ВU-метров. Не случайно, рекомендуется в цифровых магнитофонах избегать мгновенных превышений граничных допустимых уровней сигнала — так, что погрешности с пульта звукоусиления из цифрового магнитофона, для этого надо учитывать разницу показаний измерителя уровня на пульте звукоусиления и показаний пикового, безинерционного прибора, установленного на входе цифрового магнитофона. Выбор величины резервной зоны перегрузок цифрового магнитофона решает указанную задачу, но следует помнить о чистотности отклика измерителя уровня на гудке звукоусиления. Если на пульте установлен измеритель квазипиковых значений, "headroom" по цифровому прибору принимается равным 10 дБ, а при работе с более инерционным ВU-метром увеличивается до 18 дБ.

В качестве примера приведем правила настройки цифрового магнитофона, осуществляющего запись с пульта, оснащенного измерителем уровня квазипиковых значений. Для этого чувствительность на входе цифрового магнитофона устанавливается так, чтобы синусоидальный сигнал частоты 1000 Гц с уровнем, установленным по прибору пульта, 0 дБ (100 %), на шкале пикового измерителя на входе магнитофона вызывал отскок -10 дБ.

3.3.2. Коррелометр и стереогониометр

Как уже было сказано выше, совместимость — важное требование к стереофоническим фонокамерам и, в равной мере, к стереофоническим передачам в эфире. Только выполнение этого требования дает возможность широко развивать и внедрять стереофонию в радиовещании и в звукозаписи. Проблема заключается в том, что при переходе от стерео- к монореакции, когда сигналы стереоинформации суммируются в монодинамическом канале (например, при использовании стереофизических записей в телевидении, или при передаче их по трансляционной сети), не должны возникать потери уровня отдельных частотных составляющих сигнала, уж не говоря об уменьшении уровня передачи в целом.

Но уровни стереофонических сигналов складываются арифметически только в тех случаях, когда сигналы в обоих каналах синфазны, т.е. когда совпадают моменты существования максимального уровня передачи в каждом из каналов. Это может произойти только тогда, когда, во-

первых, каналы, при их подключении техниками правильной синфазировки между собой, в во-вторых, когда при этом, сигналы возбуждаются в обеих каналах одним и тем же источником звука, находящимся на одинаковых от обоих микрофонов расстояниях.

Если же источники расположены относительно микрофонов не симметрично, и в результате различия времени прихода от него звуковых волн к микрофонам, сигналы в каналах оказываются в противофазе, при сложении, в результате интерференции происходит их значительное падение и требования совместимости не удовлетворяются.

Но чаще по двум каналам передаются сигналы различных инструментов, например, скрипки, расположенной у левого микрофона и виолончели — у правого. Такие сигналы, спектры и структура которых совершенно различны, устойчивые фазовые соотношения между собой не имеют. Если рассматривать их в статистике, то вероятность того что фазы левого и правого сигналов в какие-то моменты времени совпадут, равно вероятности их противофазности.

Также при сигналах не имеет между собой взаимной корреляции, при сложении в монодинамическом канале они же интерферируют между собой и их сумма, определяющая уровень передачи, на 3 дБ меньше уровня источника звука расположенного в центре ансамбля.

При слуховом контроле стереофонической передачи левый и правый звуковые сигналы излучаются громкоговорителями обоих каналов раздельно и создают в звуковом пространстве помещения прослушивания сложную интерференционную картину. Но эта интерференция, благодаря различию громкоговорителей в пространстве имеет совсем не тот характер и иначе воспринимается слушателем, чем интерференция, возникающая при суммировании информации обоих стереофонических каналов в монодинамическом тракте передачи с общим громкоговорителем в качестве оконечного звука. Поэтому при записи нельзя быть заранее уверенными, что электрическое сложение левого и правого сигналов lasts подтверждено и с технической и с художественной точки зрения информацией.

Практически из микрофонных регистраций приходится очень тщательно перед записью подбирать расположение микрофонов и студии и их характеристики, каждый раз прослушивая передачу не только стереофонически, но и монофонически, суммируя оба сигнала и подавая их для воспроизведения на один громкоговоритель. Подобную операцию следует производить периодически и в процессе записи,

для чего в целях контроля микроперсонального пульта предусматривается схема, дающая возможность суммировать стереофонические сигналы и прослушивать их в монотелефоническом режиме через один громкоговоритель, не нарушая при этом режима работы основного канала стереофонической передачи.

Дополнительную помощь звукоизделию в контроле совместности и стереофонического баланса может предоставить в ходе записи может оказать установка в апаратной либо стрелочного прибора — индикатора совместности (коррелометра), либо стереогониометра.

“Коррелометр” имеет шкалу, разделенную на две части, с нулем посередине. Показания стрелки-указателя вправо от нуля говорят о том, что в стереофонической паре сигналов преобладает синфазное взаимодействие (запись совместна), влево от нуля — противофазные (совместности нет), в колебании стрелки в зоне близкой к нулю означают отсутствие корреляции между правым и левым сигналами. В этом случае звучание, сохраняя совместность, воспроизводится наиболее стереофоничным, с широкой базой. Шкала коррелометра изображена на рисунке 56.



Рис. 56. Индикатор совместности

Иногда более полную информацию о стереосигналах может дать стереогониометр — осциллографический прибор, на экране которого появляются фигуры, по которым при выработке определенного навыка работы звукоизделию может судить о результатах своей работы.

Характерные фигуры, наблюдаемые на экране стереогониометра, представлены на рис. 57.



Рис. 57. Характерные фигуры на экране стереогониометра:
а — совместность соблюдена; б — совместность отсутствует;
звуковое изображение смещено вправо — в и вправо — г;
д — в правом и левом каналах присутствуют сигналы от различных инструментов,
не связанных между собой по положению фаз и создающие на экране
гитно неправильной формы и быстроменящиеся по конфигурации
(запись совместна, база звукового изображения широка)

3.3.3. Громкоговорящий контрольный агрегат

Контроль качества сигнала передачи по приборам, естественно же может заменить звукоизделию слуховой контроль, который в профессиональных студиях обычно осуществляется с помощью специального громкоговорящего устройства.

Контрольный агрегат содержит мониторный усилитель к акустической системе, состоящую из одного, в чаще нескольких громкоговорителей, установленных в специальном ящике. Он обеспечивает слуховой контроль качества передаваемой звуковой программы. К качеству контрольных агрегатов предъявляются очень жесткие требования. Кроме обеспечения генерируемой звукопередачи, они должны по возможности обладать одинаковым тембром звучания, а для этого иметь строго стандартизованные технические параметры с мышью допусками отклонений от нормы. Только при одинаковых условиях прослушивания в разных радиолокальных и студийных звукозаписи можно наиболее объективно судить о качестве звукозаписей и передач.

В качестве самого преобразователя электрической энергии в акустическую в контрольных агрегатах чаще всего используются конусные электроприводные громкоговорители (лидиники).

Конструкция конусного электроприводного громкоговорителя показана на рисунках 58 и 59.

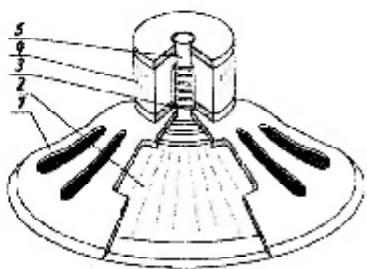


Рис. 58. Электродинамический громкоговоритель:
1 — диффузородержатель; 2 — диффузор; 3 — звуковая катушка;
4 — постоянный магнит; 5 — цилиндрический якорь

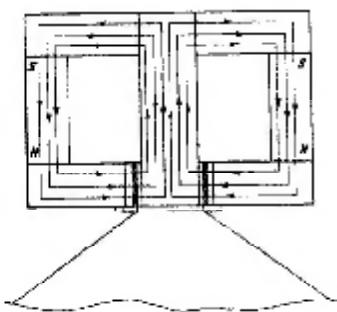


Рис. 59. Магнитная и подвижная системы динамика.
Стрелками указаны силовые линии постоянного магнитного поля

Основой магнитной системы громкоговорителя является постоянный магнит, выполненный в виде стакана, чье верхний фланец имеет круглый вырез. Центральный цилиндрический якорь входит в верхний вырез замкалио с посередине фланца. Между якорем и вырезом фланца оставлен зазор, в котором действует радиальное магнитное поле. В зазоре магнитной системы размещена катушка медного провода, намотанного на легкий каркас, жестко связанный с конусом из бумажной массы, так называемым диффузором. Диффузор то и является собственно излучателем звуковых колебаний. Катушка обладает поймой тую колебательную систему, которая тихо крепится к ободу диффузородержателя с одной стороны центрирующей шайбой, с другой — тифром конуса. Пятитиричная шайба позволяет отрегулировать погонную катушку в зазоре.

Когда на выводы звуковой катушки подано переменное напряжение звуковых частот, текущий через неё ток создает вокруг катушки переменное магнитное поле. Это поле взаимодействует с полем постоянного магнита, возникающим при этом электромагнитные силы заставляют катушку колебаться в зазоре — она, в свою очередь, увлекает за собой диффузор. В итоге система излучает звуковые колебания. Для контрольных агрегатов, предназначенных для профессиональных студий звукозаписи, очень важно подобрать такие громкоговорители, которые отвечают высоким требованиям контрольного прослушивания создаваемых программ.

О качестве громкоговорителя можно судить по следующим основным техническим характеристикам.

Номинальная (или нормированная) мощность громкоговорителя определяется как та наибольшая мощность, при которой воспроизводимые громкоговорителем искажения гармонического (сигналациального) сигнала еще не превосходят допустимыми техническими условиями величины. Номинальная мощность передается в ваттами (Вт). Когда амплитуды поданного на громкоговоритель сигнала чрезмерно велики, система оказывается перегруженной, нарушая пропорциональность между скоростью движения подвижной части и изменениями тока в катушке. При этом форма излучаемых звуковых колебаний не будет точно соответствовать форме тех электрических колебаний, которые приведены к громкоговорителю. Перегрузка громкоговорителя воспринимается на слух как пребражение и хрипы. Сигналы, мощность которых выше номинальной, могут называть тепловые или механические повреждения громкоговорителя.

Большинство номинальной мощности громкоговорителя оговаривается предприятием-изготовителем.

Эффективность работы громкоговорителя определяется его чувствительностью. Чувствительность определяется по величине звукового давления, создаваемого громкоговорителем на расстоянии одного метра от него, при условии, что на звуковую катушку подано такое напряжение, которое развивает в катушке электрическую мощность, равную 1 Вт.

Чувствительность громкоговорителя может отличаться различий на разных частотах сигнала. Его частотная характеристика показывает, как чувствительность зависит от частоты звукового сигнала. Чем шире интервал звуковых частот, который воспроизводится громкоговорителем, и чем ровнее его частотная характеристика, тем лучше громкоговоритель. Однако создать громкоговорители с совершенно ровной частотной характеристикой очень трудно. Частотную характеристику громкоговорителя во многом определяют его размеры и механические свойства подвижной системы. При этом, требования к равномерности излучения низких и высоких частот противоречивы. Диффузоры с большими конусами и массивной звуковой катушкой хорошо излучают низкие частоты. Высокие частоты, напротив, требуют малые излучатели с малой массой подвижной системы.

Частотную характеристику громкоговорящих контрольных агрегатов, обычно, выравнивают, используя двухполосные или даже трехполосные устройства. Высокие частоты в них воспроизводятся громкоговорителями небольших размеров, низкие — соответственно больших. Звуковой сигнал специальными полосовыми электрическими фильтрами делится на две или три части, каждая из которых воспроизводится соответствующими громкоговорителями. Полосовое разделение сигнала чаще всего выполняется пассивными фильтрами, размешенными на выходе широкополосного усилителя мощности (рис. 6б).

Некоторые фирмы выпускают контрольные агрегаты с двумя или тремя усилителями монофона. Каждый из этих усилителей пропускает только определенную частотную полосу (низкие, высокие и средние частоты) и на выходе имеет наиболее подходящий для воспроизведения данной полосы частот громкоговоритель. Делить частоты на полосы приходится еще и потому, что низкие частоты, при прочих равных условиях, имеют большие амплитуды и могут повредить высокочастотный излучатель.

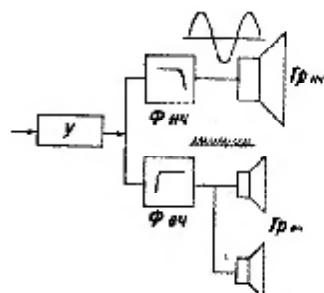


Рис. 6б. Схема подключения громкоговорителей к выходу усилителя мощности через полосовые фильтры

Характеристика направленности громкоговорителя определяет рабочее пространство, которое покрывает своим излучением данный громкоговоритель. При этом следует иметь в виду, что низкие частоты звукового диапазона всегда создают в помещении практически ненаправленное звуковое поле, т.е. интенсивность их излучения одинакова в любой направлении. Высокие же частоты обладают резкой направленностью излучения, которая максимальна в направлении акустической оси громкоговорителя и быстро спадает при приближении звука под углом к этой оси.

Чтобы звуковая картина не изменялась при различных размещениях слушателей и контрольного агрегата, часто используют два и более высокочастотных излучателя, что позволяет перекрывать звуковым полем, максимальное пространство, как это показано на рис. 61.

Контрольные агрегаты монтируются в специальных ящиках или деревянных тумбах, при конструкции, материалах и внутренней акустической обработке которых во многом зависит качество воспроизведения.

Усилитель контрольного агрегата, как было сказано выше, повышает мощность до уровня, достаточного, чтобы поддерживать требуемую громкость воспроизведения. Мощность, обычно, определяется с запасом, обеспечивающим передачу даже самых интенсивных коротких

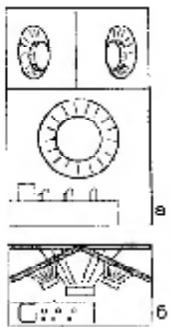


Рис. 81. Конструкция контрольного агрегата: а — вид спереди; б — вид сбоку

выбросов без искажений. Контрольный агрегат профессионального назначения должен излучать такой звуковой поток, который на расстоянии одного метра от громкоговорителя может создать звуковое давление примерно в 100–105 дБ относительно порога стыгмости

ТЕМА 3.4. СУБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЗВУЧАНИЯ ФОНОГРАММ

Умение профессионально оценить качество звукозаписи — одно из важнейших условий успеха работы звукорежиссера, звукооператора и инженера звукозаписи. При этом следует стремиться к тому, чтобы оценки были по возможности объективны и однозначны.

Техническое качество фонограмм не должно рассматриваться обособленно, в отрыве от ее эстетической оценки, т. е. от того, как будет воспринимать ее слушатель: все ее художественные достоинства и недостатки.

Однако такой всесторонний подход коценке работы звукорежиссера и звукооператора в известной мере субъективен. Поэтому задача состоит в первую очередь в том, чтобы научиться одинаково, с одинаковыми же позициями, пользуясь единой терминологией, формулировать свое мнение

о качестве данной записи. При этом, если экспертизу проводят не один, а группа опытных специалистов-экспертов, мнения которых совпадают, то данные ими оценки можно с высокой степенью достоверности считать объективными.

Для облегчения поставленной перед экспертами задачи разработан и апробирован на практике перечень параметров качества фонограмм. Основная задача этого предложенного заключается в строгой конкретизации отдельных параметров звучания, поддающихся отдельной оценке и в совокупности определяющих качество звучания в целом.

Прослушивание фонограммы для ее квалифицированной оценки следует проводить в специальном, отвечающем установленным акустическим нормам помещении. После приступления к всестороннейоценке звучания ко всем параметрам качества, эксперт в выдающем ему право голоса просушивает, ставит соответствующую оценку по пятибалльной системе: 5 (отлично), 4 (хорошо), с имеющимися небольшими дефектами), 3 (удовлетворительно), 2 (из-за серьезных дефектов может быть признано лишь условно, как документ), 1 (запись непригодна).

Рассмотрим параметры качества каждый в отдельности.

Пространственное измерение. Этот параметр определяется по впечатлению эксперта от переданной в записи акустической обстановки в студии(зале), соответствия размеров студии количеству исполнителей и характеру музыкального произведения, от времени и характера реверберации, а также от акустического баланса, т.е. соотношения прямых и отраженных звуков. Важным достоинством музыкальных записей является воссоздание звуковой перспективы в студии, т.е. иллюзия различных расстояний от слушателя до тех или иных групп инструментов оркестра, отщущения многогранности звуковой картины, в некоторой степени воссоздающей объемность звучания катарина, как известно, теряется особенно заметно в монофонических записях.

Однако, если многогранность подменяется так называемой интегрально-пространственностью, это следует считать недостатком звукорежиссерской работы. Под последним термином принято понимать такое ощущение звучания различных инструментов, как если бы они были расположены в разных помещениях, отличающихся акустическими свойствами. Многопространственность, если она не предусмотрена специально режиссерскими планами для создания необходимых мизандеров, воспринимается как существенное нарушение естественности звукопередачи. Причиной чисто пространственности звучания

могут быть: неудачное расположение микрофонов в студии (при полумикрофонном способе записи), а также неудачное применение искаженной реверберации.

Под прозрачностью понимают короткую различимость звучания отдельных инструментов в оркестре, ясность музыкальной фактуры, разборчивость текста при пении и т.д. Прозрачность находится в прямой зависимости от акустической обстановки при записи, музыкального и акустического баланса и в значительной мере от инструментовки исполняемого произведения. При монофонической звукопередаче, в результате большего эффекта излишней маскировки сигналов добиться прозрачности значительно труднее, чем при стереофонии.

Музыкальный баланс — это соотношение между громкостью звучания различных оркестровых групп, определяющее в основном уровень прямых звуковых сигналов, приходящих непосредственно от исполнителя к микрофону, называемый музыкальным балансом. Найти при записи оптимальный музыкальный баланс — одна из最难 задач звукоизготовителя. При этом приходится учитывать различия в восприятии звука через динамики от естественного прослушивания оркестра и наушники, делая соответствующие поправки при расстановке микрофонов и микшировании отдельных компонентов оркестра. Однако правильный музыкальный баланс при записи достигается обычно легче, если оркестр в студии сам по себе был хорошо сбалансирован.

Тембр звучания музыкальных инструментов и голосов исходов должен быть передан естественно, без искажений. Качество передачи тембра зависит от расположения исполнителей и микрофонов в студии, характера студийной акустики, от частотной характеристики тракта звукоизготовителя и звукозаписи, характера и дозы реверберации. Тембр существенно искажается при повышенных нелинейных искажениях в тракте передачи, детонации и зависит также от нестандартических процессов, возникающих в аппаратуре и исключающих, в первую очередь, звуковые атаки т.е. фронты нарастания музыкальных импульсных сигналов, специфических для определенных инструментов и способов звукоизвлечения.

Помехи — этим параметром оценивается запись с точки зрения пропускаемых при воспроизведении различных помех, мешающих восприятию музыки. Вложение помехи ведет:

— шумы, проникающие в студию в результате несовершенства звукозаписи и создаваемые самими исполнителями (шелест переворачиваемых потных страниц, стуки клаганов духовых инструментов, скрип мебели, перекаты или подставок для хора, шум зрительного зала при трансляционных записях и т. п.);

— электрические искажения, фон, шумы усилителей, шум магнитной ленты в паузах, модуляционный шум, копираффект;

— импульсные помехи — электрические трески, письки и т.п.;

— сильные нелинейные искажения, звистья на слух детонация, помехи от монтажных скрепок, а также от срабатывания автоматических регуляторов уровня и т.д.

Исполнение. Оценке подвергается как трактовка исполнителем данного произведения, так и само исполнение — темп, интонация, чистота интонирования и другие художественные качества записи.

Инструментовка (зримировка). В некоторых случаях дополнительного к основным оценкам приходится определять пригодность данного произведения для записи с точки зрения его инструментовки (или аранжировки внешнего материала). Использование определенных инструментов иногда может сделать произведение настолько неудобным для записи, что самая совершенная техника и любые применяемые способы звукоизготовления не помогут добиться удовлетворительного музыкального баланса и хорошей прозрачности.

Звукоизготовительская техника. По этому параметру оценивается грамотность использования микрофонов, целесообразность использования специальных эффектов, качество микширования и другие стороны создания звукоизготовителем звукового образа, не отраженные в предыдущих пунктах списка.

Стереофонический эффект. Стереофоническая передача по сравнению с монофонической в значительно большей степени способна приблизить звучание к естественному, "живому". Как бы перенести слушателя в помещение, где проходит исполнение данного произведения.

Оценка качества стереофонической фонограммы будет неполной, если её давать лишь с позиций критерии, принятых для оценки обычной одноканальной записи.

Одним из самых качественных стереофонического воспроизведения, объемность звучания и естественность акустической перспективы можно

оценить с помощью некоторых дополнительных показателей, не имеющих смысла при монофонической технике передачи и звукозаписи.

К таким эстетическим показателям оценки стереофонии следует отнести:

- угол смещимости, под которым слушатель воспринимает звуковое изображение;
- стереофоническую разрешающую способность, т.е. определяемую субъективную локализацию отдельных элементов звукового изображения в определенных точках пространства в пределах угла смещимости;
- акустическую атмосферу и эффект возникновения у слушателя ощущения присутствия в том моменте, где происходит передаваемое звуковое событие;
- совместимость.

Иногда, анализируя стереофоническое воспроизведение, пытаются определить то главное, что является причиной предпочтения слушателями стерео воспроизведения обычному монофоническому. При этом считают, что в первую очередь этому способствует субъективное восприятие локализации каких-либо (виртуальных) источников звука, т.е. возможность определить, как они расположены в пространстве. Однако в этом можно усомниться, если вспомнить, что слушатель, находящийся в задних рядах концертного зала, обладающего достаточно большим временем реверберации, воспринимает звуки, приходящие со сцены под малым углом смещимости и, кроме того, как бы сквозь призму многократных звуковых отражений от стены, потолка и других ограничивающих помещениях поверхностей. В этих условиях локализация отдельных инструментов оркестра не отчетлива и потому не может играть решающей роли в слуховом восприятии; тем не менее в хоровом концертном зале в этом случае сохраняется прозрачность звучания и ощущение непосредственного присутствия слушателя в звуковом поле источника.

Эти соображения и должны лежать в основу оценки работы звукорежиссера при записи ГО воссозданию им полноценного стереофонического звучания.

Окончательная оценка фонограммы выражается усреднением оценок всех экспертов по всем параметрам качества.

Учебное издание

Макарян Борис Яковлевич
АКУСТИЧЕСКИЙ ОСНОВЫ ЗВУКОРЕЖИССУРЫ
Курс лекций газ 1 и II курсов
звукофильского факультета

Часть 2

Учебное пособие

Компьютерная верстка Л. А. Линник.
Художник Аней Лукки

Учебное издание

Издано в лицензии № 02183 от 30.06.2000
Сдано в набор 24.02.2001. Подписано в печать 8.06.2001.
Формат 60 X 84 1/6. Гарнитура Текста ЕТ.
Объем 4,6 лист. л. Тираж 500 экз.
Отпечатано в Издательском центре
Гуманитарного института телевидения и радиовещания
им. М. А. Бибикова (ГИТР)
109102, Москва, Бородинское шос., д. 3
тел./факс: (095) 238 1975, 238 5549