

Виктор
ДИНОВ

ЗВУКОВАЯ КАРТИНА

записки о звукорежиссуре

- Д 46** Динов В. Г. Звуковая картина. Записки о звукорежиссуре : учебное пособие / В. Г. Динов. — 11-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань : ПЛАНЕТА МУЗЫКИ, 2023. — 488 с. : ил. : наклейка (2 с.). — Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-507-46372-5 (Изд-во «Лань»)

ISBN 978-5-4495-2451-5 (Изд-во «ПЛАНЕТА МУЗЫКИ»)

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

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

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

УДК 78
ББК 32.871

- Д 46** Dinov V. G. Audio picture. Notes about audio engineering : textbook / V. G. Dinov. — 11th edition, ster. — Saint-Petersburg : Lan : THE PLANET OF MUSIC, 2023. — 488 pages : ill. : inset (2 pages). — Text : direct.

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	9
Вступление	11
Глава 1. Оптико-акустические и зрительно-слуховые аналогии.	21
§ 1-1. Сравнение оптических и акустических явлений	22
§ 1-2. Аналогии в психофизиологическом восприятии звука и изображения.	25
§ 1-3. Художественный аспект зрительно-слуховых аналогий	29
Глава 2. Технические средства звукорежиссера	33
§ 2-1. Электроакустические сигналы	33
§ 2-2. Источники и приёмники сигналов	42
§ 2-3. Функционально детерминированные устройства	52
§ 2-4. Устройства со свободным доступом	57
§ 2-5. Приборы для динамической обработки звуковых сигналов	69
Глава 3. Источники звука	87
§ 3-1. Звукообразование и характеристики направленности музыкальных инструментов.	88
§ 3-2. Спектральные характеристики натуральных источников звука	97

§ 3-3. Динамические характеристики натуральных источников звука	100
§ 3-4. Электромзыкальные источники звуковых сигналов	102
Глава 4. Микрофонный прием акустических объектов	108
§ 4-1. Связь спектрального состава акустического сигнала и амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) электроакустического преобразования микрофона	112
§ 4-2. Связь характеристик направленности излучения и микрофонного приёма	116
§ 4-3. Связь чувствительности микрофона с динамическими характеристиками источника звука	131
§ 4-4. Особенности стереофонического микрофонного приёма	138
§ 4-5. Расположение артистов и микрофонов в тонателе	143
§ 4-6. Нестандартные способы микрофонного приёма	149
Глава 5. Фонографическая композиция	155
§ 5-1. Фонографическая плоскость	155
§ 5-2. Фонографическое пространство	165
§ 5-3. Акустическая обстановка	169
§ 5-4. Плановое звукоизображение	172
§ 5-5. Техническая реализация фонографии	181
§ 5-6. Формирование в фонографической картине акустической обстановки и диффузных признаков удаленности	199
§ 5-7. Понятие об акустическом ключе	214

Глава 6. Фоноколористика	219
§ 6-1. Естественные тембры источников звука. Тембр и спектр	220
§ 6-2. Пространственно-акустические влияния на тембр естественных источников звука	231
§ 6-3. Регулируемая спектральная окраска	237
§ 6-4. Темброво-спектральная композиция	249
§ 6-5. Слуховая тренировка	260
§ 6-6. Исполнительские влияния на тембр	264
Глава 7. Художественная палитра звукорежиссера	270
§ 7-1. Краткий обзор способов электроакустической обработки сигналов	273
§ 7-2. Динамическая коррекция амплитудно-частотных спектров звуковых сигналов	276
§ 7-3. Имитация работы электроакустических устройств	283
§ 7-4. Намеренные искажения сигналов	285
§ 7-5. Управление временными параметрами звуков	289
§ 7-6. Звуковысотные вариации	293
§ 7-7. Задержки звуковых сигналов	299
§ 7-8. Автоциклические модуляции при обработке звуковых сигналов	307
§ 7-9. Взаимная модуляция сигналов. Вокодер	318
§ 7-10. Диффузная окраска звука	322
§ 7-11. Создание искусственных формант	325
Глава 8. Режиссерская организация музыкальных записей	331
Глава 9. Фонографическая стилистика	342
§ 9-1. Основные виды фонографической стилистики	344

§ 9-2. Пространственно-акустические аспекты фонографической стилистики	348
§ 9-3. Тембральные аспекты фонографической стилистки	362
§ 9-4. Статичные и динамические звуковые изображения.	366
Глава 10. Редактирование фонограмм	372
§ 10-1. Перезапись многодорожечных (многоканальных) фонограмм	373
§ 10-2. Перезапись (сведение) многодорожечных фонограмм с использованием компьютерных аудиоредакторов.	384
§ 10-3. Монтаж фонограмм	404
§ 10-4. Монтажная организация в звукозаписи	424
§ 10-5. Редактирование смонтированного материала	427
Глава 11. Реставрация архивных записей.	
Премастеринг фонографий	431
§ 11-1. Дефекты архивных фонограмм	433
§ 11-2. Технологические этапы при реставрации архивных фонограмм	436
§ 11-3. Удаление щелчков в фонограммах	439
§ 11-4. Снижение шума в архивных записях	443
§ 11-5. Премастеринг фонографий	448
Глава 12. Пространственный звук.	453
§ 12-1. Пространственная фонографическая композиция.	459
§ 12-2. Пространственная динамика	467
§ 12- 3. Многоплановость и реверберация в пятиканальной фонографии	471

§ 12-4. Использование временных задержек сигналов в системе пространственной звукопередачи 5.1.	476
§ 12-5. Технологические особенности сведения многодорожечного звукового материала в системе 5.1.	479
Заключение	481

Глава 1.

ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКИЕ И ЗРИТЕЛЬНО-СЛУХОВЫЕ АНАЛОГИИ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§ 1-1. Сравнение оптических и акустических явлений

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Волновая природа света и звука являет много взаимоподобных физических эффектов.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

§ 1-3. Художественный аспект зрительно-слуховых аналогий

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Глава 2.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗВУКОРЕЖИССЁРА

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

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

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

§ 2-1. Электроакустические сигналы

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

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

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

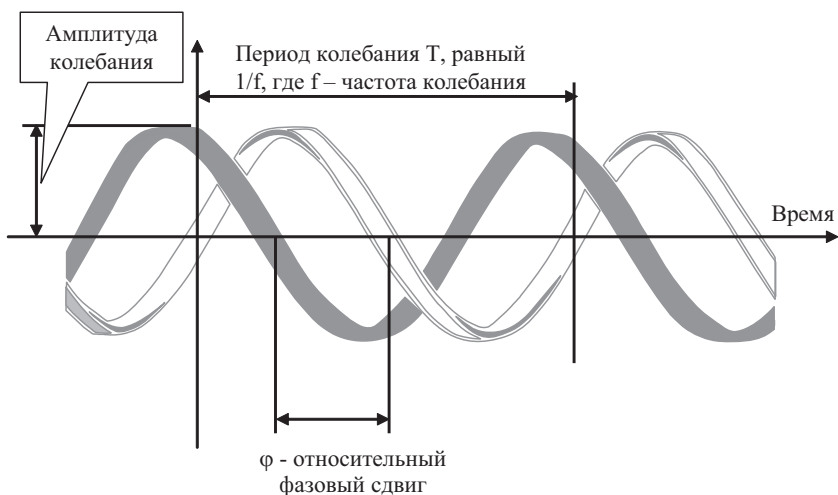


Иллюстрация 2-1

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

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

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

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



Иллюстрация 2-2

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

Учёт уровней звуковых сигналов в линейных процентных величинах не соответствует той шкале ощущений, что свойственна нашему слуху. Мы оцениваем изменения громкости в логарифмическом масштабе, и это позволяет нам воспринимать огромный, в арифметическом смысле, динамический диапазон звуков — с более чем миллионным перепадом. Поэтому в электроакустике принята шкала отсчёта уровней, аналогичная слуховой: в относительных логарифмических единицах — децибелах (дБ). Ступенька такой шкалы при измерениях акустической интенсивности или соответствующего электрического напряжения составляет $20 \lg A1/A2$, где $A1$ и $A2$ — сопоставляемые величины, одна из которых, в большинстве случаев $A2$, может являться эталонной, или, как выражаются техники, опорной. Поскольку в современной звукозаписывающей технике за опорный сигнал принимается некий номинальный (для трактов цифровой звукопередачи — максимально допустимый), то уровень текущего сигнала $A1$ в сравнении с ним может варьироваться в диапазоне от 0 дБ до каких-либо отрицательных значений. Так, с известным округлением, половина максимального уровня в логарифмическом масштабе равна величине в минус 6 дБ, треть — минус 10 дБ, четверть — минус 12 дБ, десятая часть — минус 20 дБ и т. д. Соответственно, увеличение уровня сигнала по сравнению с его предыдущим значением отмечается, как прирост на то или иное количество «положительных» децибел (иллюстрация 2-3).

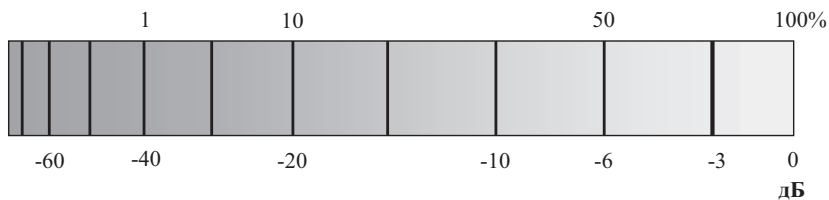


Иллюстрация 2-3

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

Величина пик-фактора может превышать 20 дБ.

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

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

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

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

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

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

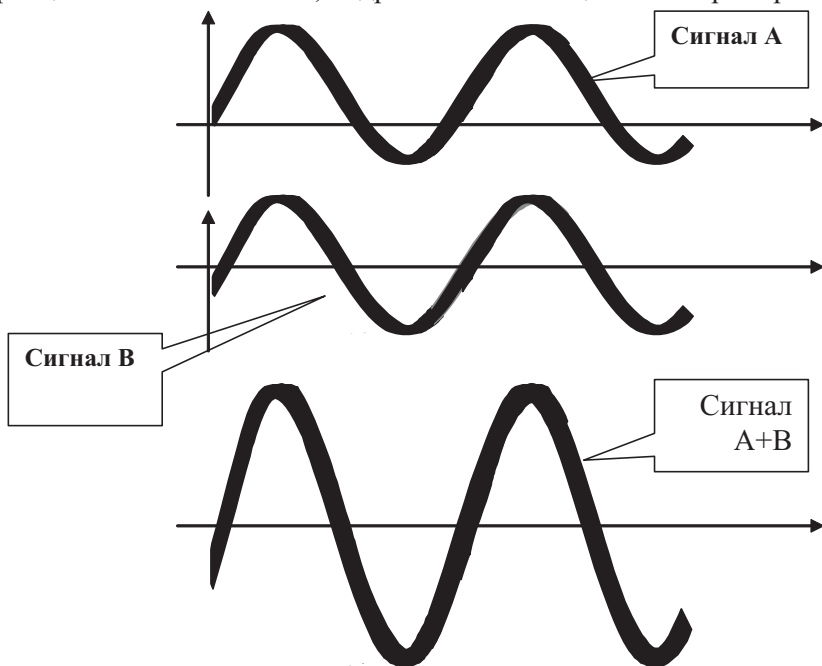


Иллюстрация 2-4