

Частное учреждение образования
«Институт современных знаний имени А. М. Широкова»

Факультет искусств
Кафедра художественного творчества и продюсерства

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
Бычкова Н. В.

06.10.2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета
Кузьминич Т. В.

06.10.2025 г.

ПРИБОРЫ ОБРАБОТКИ ЗВУКА

*Электронный учебно-методический комплекс
для обучающихся специальности
6-05-0215-10 Компьютерная музыка*

Составитель

Попроцкий А. Д., старший преподаватель кафедры художественного творчества и продюсерства Частного учреждения образования «Институт современных знаний имени А. М. Широкова»

Рассмотрено и утверждено
на заседании Совета факультета искусств
протокол № 1 от 29.08.2025 г.

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра эстрадной музыки учреждения образования «Белорусский государственный университет культуры и искусств» (протокол № 1 от 01.09.2025 г.);
Мисевич В. Л., заслуженный артист Республики Беларусь.

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению
кафедрой художественного творчества и продюсерства
(протокол № 1 от 29.08.2025 г.)

П75 Попроцкий, А. Д. Приборы обработки звука : учеб.-метод. комплекс для обучающихся специальности 6-05-0215-10 Компьютерная музыка [Электронный ресурс] / Сост. А. Д. Попроцкий. – Электрон. дан. (0,5 Мб). – Минск : Институт современных знаний имени А. М. Широкова, 2026. – 95 с.

Систем. требования (миним.): процессор с частотой 1 ГГц, 1 Гб оперативной памяти, 1 Гб свободного места на жестком диске ; персональный компьютер под управлением ОС Microsoft® Windows® 7 и выше ; macOS® Leopard® и выше или мобильное устройство под управлением Android® 4.x и выше ; iOS® 9.x и выше ; Adobe Reader для соотв. ОС (или аналогичное приложение для чтения PDF-файлов).

Номер гос. регистрации в РУП «Центр цифрового развития» 1182646052
от 10.02.2026 г.

Учебно-методический комплекс представляет собой совокупность учебно-методических материалов, способствующих эффективному формированию компетенций в рамках изучения дисциплины «Приборы обработки звука».

Для студентов вузов.

Введение

Процесс создания современной музыки для кино, театра, телевидения, эстрадных программ при помощи технических средств, применяемых в студиях звукозаписи, требует глубоких теоретических и практических знаний в области такой учебной дисциплины, как «Приборы обработки звука».

Эта учебная дисциплина является одной из основных теоретических платформ, входящих в учебный модуль «Основы звукорежиссуры».

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Приборы обработки звука» предназначен для научно-методического обеспечения процесса подготовки студентов специальности 6-05-0215-10 Компьютерная музыка. Учебно-методический комплекс разработан в соответствии с требованиями Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденным Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 08.11.2022 № 427.

Целью учебно-методического комплекса является формирование у студентов комплексной системы знаний, умений, навыков, а также творческого опыта в области звукорежиссуры и продюсирования музыки, предусмотренной учебным планом учреждения высшего образования по направлению специальности и требованиями образовательного стандарта Республики Беларусь ОСВО 6-05-0215-10-2023 по специальности 6-05-0215-10 Компьютерная музыка.

Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Приборы обработки звука» ориентирован на оказание методической помощи преподавателям и студентам высших специализированных учебных заведений в приобретении и освоении теоретических и практических знаний в области звукорежиссуры и музыкального продюсирования. Разделы, включенные в УМК, предназначены для оптимального сопровождения образовательного процесса и формирования у студентов компетенций, необходимых для решения профессиональных задач в соответствии с современным уровнем развития эстрадного искусства.

Учебно-методический комплекс включает четыре раздела: теоретический раздел, практический раздел, раздел контроля знаний, вспомогательный раздел.

Теоретический раздел содержит материал по учебной дисциплине и включает сведения о видах и технические характеристики всех основных приборов обработки звукового тракта, их разновидностях и принципах применения на практике. Практический раздел содержит методические рекомендации по выполнению практических заданий, как в аудитории, так и самостоятельно. Эти навыки направлены на закрепление теоретических знаний. Раздел контроля знаний включает вопросы и темы для самостоятельной работы студентов, рекомендации для текущей аттестации студентов по итогам освоения материала учебной дисциплины. Вспомогательный раздел комплекса содержит учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине, основную и дополнительную литературу.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Краткий курс лекций

Тема 1. Введение в предмет

Цель и задачи, содержание учебной дисциплины «Приборы обработки звука». Роль и практическая значимость учебной дисциплины в системе профессиональной подготовки специалиста высшей квалификации по специальности 6-05-0215-10 Компьютерная музыка. Взаимосвязь специальной учебной дисциплины с профильными дисциплинами учебного плана модуля «Основы звукорежиссуры»: «Музыкальная акустика», «Основы студийной звукорежиссуры», «Микширование и мастеринг фонограмм», «Основы концертной звукорежиссуры». Учебно-методическое обеспечение учебной дисциплины. Организация самостоятельной работы студентов.

Обработка звука – это важный аспект записи музыки, который позволяет достигать желаемого качества звучания и уникальности фонограмм. В зависимости от сферы применения используются различные комбинации приборов и технологий, которые помогают создавать профессиональный звук.

Изменение структуры звучания голоса и музыкальных инструментов при помощи различных аппаратных устройств и их компьютерных аналогов – это процесс изменения звукового сигнала с целью улучшения его качества, создания эффектов или изменения его характеристик. Существует множество приборов и программного обеспечения, которые могут использоваться для обработки звука в различных контекстах, включая музыку, звукозапись, телевидение, кино и радио.

Основные виды приборов обработки звука:

- эквалайзеры (EQ):
 - о используются для изменения частотного баланса звука. Эквалайзеры могут быть встроены в различные устройства или использоваться как отдельные устройства;
 - о разделяются на линейные (графические) и параметрические;
- динамические процессоры:
 - о включают в себя компрессоры, лимитеры, экспандеры и гейты. Эти устройства управляют динамическим диапазоном звука;
- ревербераторы и задержки:
 - о приборы, создающие эффект реверберации (отражение звука) и задержки (эхо);
 - о используются для добавления глубины и пространственного эффекта к звукозаписям;
- модуляторы:
 - о приборы, которые изменяют звук, создавая эффекты, такие как хорус, флейджер, фейзер и вибрато;
 - о придают звуку движущиеся и сложные текстуры;
- шумоподавители:
 - о устройства, которые удаляют нежелательные шумы или фоновый шум из записи или во время живых выступлений.

Раздел 1. Основные системы обработки звука

Тема 2. Микшерные пульта

Микшерный пульт – это устройство, главной задачей которого является суммирование нескольких звуковых сигналов в один.

Помимо этой функции микшеры могут выполнять:

- коррекцию сигналов (эквализация, компрессирование, спецэффекты);
- маршрутизацию;
- усиление (возможность подключать сразу к акустическим системам);

· запись на компьютер в DAW через звуковую карту, или на внешнее устройство записи – ленточный магнитофон, DAT-recorder, MD, CD.

Микшерный пульт является основой системы обработки звука. Благодаря микшеру можно получить высокое качество воспроизведения входящих сигналов. Он необходим при реализации идей в сфере музыкального творчества и эффектного их воплощения.

Микшерные пульта бывают различных моделей и отличаются своим устройством друг от друга, но одновременно существуют обязательные для каждого элементы управления.

Основной функционал микшерного пульта. Микшерный пульт смешивает несколько входящих сигналов и подает результат на выходную мастер-шину.

Весь процесс работы с сигналами можно разбить на четыре следующих этапа.

1. Принятие их от источников звука (аудио оборудования, музыкальных инструментов, микрофонов и других источников).
2. Балансировка уровней сигнала, частотная обработка, панорамирование.
3. Обработка различными эффектами.
4. Смешивание (суммирование) на выходе в конечный сигнал.

Виды микшерных пультов. По функциональным возможностям микшеры делятся на следующие виды:

· **портативные** микшерные пульта – это устройства небольших размеров, относящихся к категории бюджетных. Они подходят для использования дома и на не слишком небольших мероприятиях, где требуется несколько каналов;

· **стационарные** – устройства профессионального уровня, имеющие множество полезных функций. Именно они преобладают в больших студиях звукозаписи и на крупных музыкальных событиях;

· **переносные** – устройства полупрофессионального уровня. Их можно встретить в студиях звукозаписи, на концертах и различных мероприятиях.

По роду деятельности микшерные пульта делятся на диджейские, концертные, студийные, для радиовещания и прочие. У каждого типа своя специфика.

Диджейский микшерный пульт. Диджейский пульт имеет не большое количество каналов и специальные функции:

- фейдер между парой стереоисточников;
- специальный эквалайзер;
- процессор эффектов с лупером или специальный вход с тонкорректором для подключения проигрывателей винила.

Концертный микшерный пульт. Конструкция устройства включает достаточно входов для подключения разнообразного оборудования, маршрутизирует сигнал на различные зоны звукоусиления. К концертным пультам относятся зонные и мониторные пульта, а также различные сплиттеры, для решения узконаправленных задач, во время больших концертов.

Микшерные пульта для радиовещания. Радиовещательные пульта очень схожи с DJ-пультами, но функционал у них шире, например: возможность общаться вне эфира со студией или звонящими по телефону слушателями, запуск фонограммы от канала фейдера, специальная динамическая обработка управляемыми компрессорами.

Студийный микшерный пульт. Студийный микшерный пульт является по сути системой для суммирования сигналов и распределения их нужным образом. Тип, количество входов и выходов обусловлено задачами, в которых пульт будет задействован. У студийных пульта наиболее важны параметры, характеризующие баланс инструментов при создании готовой записи.

Разделение микшерных пульта по принципу работы таково.

1. **Пассивные**, не имеют звукоусилительных возможностей, источник питания им не нужен. Пассивные микшеры используются для связи аппаратуры. Количество настраиваемых параметров также ограничено – регуляторы громкости по основным каналам и регуляторы высоких и низких частот.

2. **Активные** – это устройства с усилителем, работа которых организована на применении активных элементов. Для работы микшеру нужен источник

питания, это может быть встроенный/внешний блок питания или батарейки. Он может обрабатывать как аналоговый сигнал, так и его соединение с цифровым. Данный вид считается многофункциональным, поэтому чаще всего используется звукорежиссерами.

Фейдеры в микшерном пульте. Фейдеры – это регуляторы в виде «ползунков», которые используются для регулировки общего уровня сигнала на каждом канале. Фейдеры дают представление о том, с какой громкостью какой канал звучит. **Потенциометры** используются для регулировки эквалайзера, сигнала предусилителя Gain, для корректировки параметров эффектов. **Фейдеры и потенциометры** – используются во всех видах микшерных пультов.

Виды фейдеров:

- **фейдер выходного сигнала**, он управляет громкостью мастер-выхода микшера. Может быть в виде поворотного переключателя или фейдера;
- **канальный фейдер**, он управляет уровнем каждого канала, подающегося на главный выход. Чаще всего на микшерах для скретча их всего два, а на клубных микшерах – три или больше.
- **кроссфейдер** – отвечает за управление затуханием между двумя и большим количеством каналов. Он одновременно понижает выходную громкость одних каналов и повышает ее на других – одна из главных особенностей, которая отличает диджейские микшерные пульты от остальных.

Аналоговые микшеры звука. Аналоговые микшеры – устройства, в которых все составляющие изготовлены из физических схем, они не кодируют сигнал, подвергая его исключительно физическому воздействию, звуковая волна преобразуется в электрическую. Такие микшеры просты в использовании, и имеют полностью ручное управление (клавиши, регуляторы, фейдеры). Аналоговые консоли – довольно простые устройства, их конструкция примерно одинакова у всех производителей. У аналоговых микшеров интерфейсы расположены только на задней части корпуса. Все регуляторы отвечают за одну определенную функцию, поэтому они просты в эксплуатации. Количество групп для каждой модели ограничено. Отсутствует задержка сигнала.

Цифровые микшеры звука. Цифровой микшер – это устройство с аналого-цифровыми преобразователями, он может быть похожим на аналоговый по внешнему виду и эргономике, но его основу составляет программное обеспечение. Преобразователи собраны таким образом, что требуют подключения как можно меньшего количества внешних устройств. Внутри собраны эквалайзеры, динамический процессинг, имеют огромное количество цифровых эффектов, таких как: реверберацию, хорус, дилэй. Микшеры различных моделей отличаются своим устройством друг от друга, но при этом существуют обязательные для каждого элементы.

Цифровые консоли предоставляют больше возможностей для подключения устройств и инструментов. Интерфейсов больше, чем у аналоговых моделей, при этом соответствие входа определенному фейдеру можно настроить. Имеют встроенные процессоры эффектов и динамической обработки. Цифровые микшеры имеют неизбежное время задержки, в пределах 1,5–10 мс, в зависимости от модели микшера и того, какие операции выполняются.

Разница в звучании. Аналоговые микшеры отличаются естественным, натуральным, теплым и живым звуком, и профессиональные звукорежиссеры отдают предпочтение именно им. Но цифровые микшеры постоянно совершенствуются, современные программы обработки позволяют добиться качественной имитации аналоговой обработки. И порой заметить разницу очень сложно.

Удобство в работе. Для работы с цифровым микшерным пультом достаточно планшета или компьютера. Можно с легкостью создавать собственные сценарии обработки или пользоваться готовыми плагинами. С аналоговыми дела обстоят сложнее. Помимо самого микшера, вам потребуются другие приборы, часто дорогостоящие, также придется разбираться в физике процесса, работе каждого элемента системы.

Основные параметры микшерных пультов:

- **количество каналов** – показывает максимальное количество каналов пульта. При этом стереовходы (например, для подключения стереоплеера) – два канала, например, 12-канальный микшерный пульт может иметь 12 моно-, или

8 моно- и 2 стереовхода, или 4 моно- и 4 стереовхода. На это необходимо обращать внимание при покупке. В большинстве случаев используются монофонические входы. Для клавишного инструмента используются 2 канала моно или 1 канал стерео;

- **виды каналов.** Чаще всего микшерные пульта имеют микрофонные входы (XLR-разъем) и линейные входы (1/4" джек). Входы могут быть балансные (симметричные) и небалансные. Большинство пультов имеет балансные входы, что содействует большей помехозащищенности и, как следствие, уменьшению шумов. Поэтому следует применять балансные балансные XLR-шнуры;

- **интерфейс микшерного пульта.** Управление сигналом в пульте можно разделить на канальное и общее. К последнему относятся подгруппы, позволяющие объединить выбранные каналы для дальнейшего управления. Общая секция содержит выход на наушники, коммутацию (посылы и возвраты AUX, выходы на мониторы), встроенные DSP-процессоры. Обязательно также наличие индикатора уровней. На профессиональных пультах есть встроенный микрофон для переговоров со звукорежиссером, специальный выход для подключения подсветки и др.;

- **регулировки.** В бюджетных моделях микшерных пультов в каналах установлены либо обычные 3-полосные эквалайзеры, либо 3-полосные эквалайзеры с полупараметрической (перестраиваемой) серединой. Последний вариант более практичен в использовании, ведь в этом случае есть возможность произвести более тонкую коррекцию сигнала в средних частотах. В профессиональных пультах применяются параметрические эквалайзеры, что позволяет осуществлять перестройку частот и управлять шириной полос пропускания;

- **процессор эффектов.** Наличие встроенного процессора эффектов может улучшить звучание в случае не очень хорошей акустики помещения.

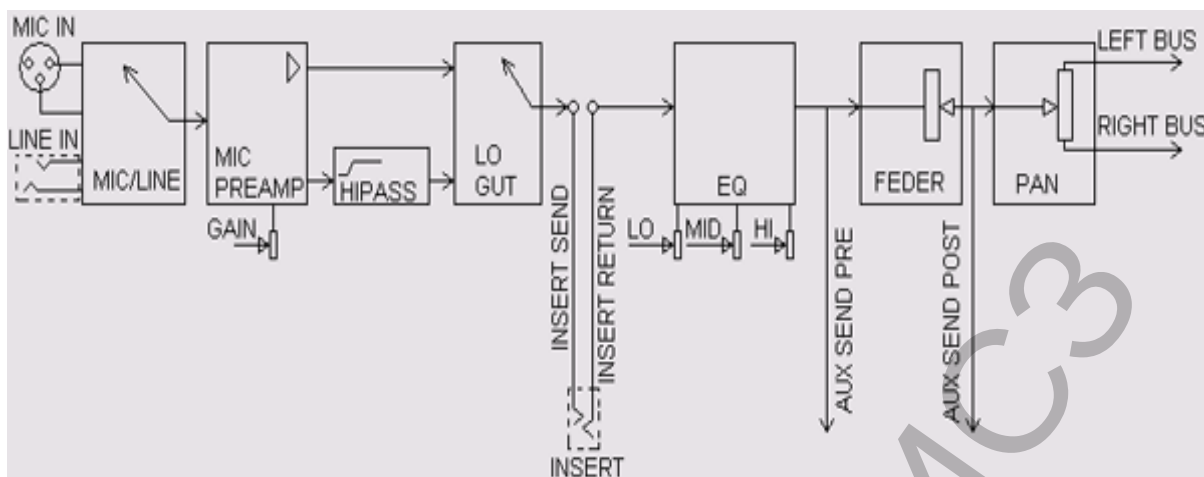


Рис. 1.1. Функциональная схема канального модуля пульты

Канальный эквалайзер служит для управления частотной характеристикой входного сигнала, как в целях ее коррекции, так и для достижения определенного художественного эффекта. Фейдер канала позволяет оперативно регулировать уровень сигнала.

Для подключения источников сигнала предусмотрены гнезда разъемов различных типов. Как минимум имеются трехконтактный разъем типа XLR (подключается микрофон) и гнездо для моноджека (подключаются линейные источники сигнала). Селектор входа (переключатель Mic/Line) определяет, какое гнездо разъема и какие элементы усиления будут использованы данным каналом.

Кнопка ослабления сигнала (имеется не на всех микшерах) позволяет понижать уровень сигнала (на 20–30 дБ) до того, как он попадет на какой-либо усилительный элемент микшера. Это позволяет избежать перегрузок от сигналов повышенного уровня.

В некоторых микшерах имеется переключатель фазы (на схеме не показан), который используется для исправления последствий неверной коммутации проводов или для изменения фазы, когда размещение системы из нескольких микрофонов этого требует. Одному положению переключателя соответствует нулевой сдвиг фазы, второму – сдвиг фазы на 180° . Этот переключатель, как правило, действует только на сбалансированный микрофонный XLR вход и не влияет на вход линейный.

Фантомное питание подается только на сбалансированный микрофонный вход и является источником питания конденсаторных микрофонов. Название фантомное объясняется тем, что для подачи напряжения питания не требуются дополнительные проводники. Питание 48 вольт на конденсаторный микрофон подается по сигнальным проводникам. Для разделения цепей постоянного и переменного тока применяются конденсаторы. Пользоваться выключателем фантомного питания следует предельно осторожно. Если микрофонный вход соединен с несбалансированным источником сигнала, случайное включение фантомного питания может привести к поломке прибора. На сбалансированные источники сигнала фантомное питание не оказывает негативного воздействия.

Регулятор предварительного усиления Gain позволяет привести в соответствие уровни источника сигнала и микшера. Тем самым компенсируется, разброс в громкостях звучания голосов различных певцов и в уровнях сигналов различных источников (микрофон, гитара и т. п.).

Предварительное усиление необходимо регулировать при нажатой кнопке Solo, расположенной рядом с фейдером канала. Эта кнопка позволяет выделить канальный сигнал из общего микса, проверить уровень и оценить качество звука в канале независимо от общего микса. Усиление на входе следует отрегулировать таким образом, чтобы пиковые отметки индикатора уровня находились на границе красной зоны (VU), но не оставались в ней подолгу.

Эквалайзер микшера обычно имеет три полосы частот: низкую, среднюю и высокую. В недорогих микшерах используются полупараметрические эквалайзеры. В них для всех или некоторых полос можно выбрать частотный диапазон, с которым будет работать эквалайзер. Полупараметрический эквалайзер не позволяет регулировать добротность фильтра Q в отличие от параметрического. С перестройкой центральной частоты фильтра эквалайзера изменяется полоса пропускания и в полупараметрическом эквалайзере скомпенсировать это изменение невозможно.

В дорогих микшерах используются параметрические эквалайзеры, которые позволяют независимо регулировать и центральную частоту, и добротность Q (полосу пропускания).

Если все метки на вращающихся ручках направлены строго вертикально вверх, то эквалайзер находится в нейтральном положении. При вращении ручки по часовой стрелке происходит усиление сигнала в выбранном частотном диапазоне, против часовой стрелки – подавление. Для поиска частоты эквализации есть смысл усиливать сигнал, тогда будут заметны изъяны звука на этой частоте. Для достижения тонального баланса целесообразно применять не усиление частот того сигнала, который необходимо выделить (что может вызвать его искажение), а наоборот, подавление частот остальных сигналов.

Insert – подключение эффектов и обработок отдельного канала. После эквалайзера (а в некоторых микшерах перед ним, как показано на рис. 1.1.) сигнал прорывается на разрыв (Insert) и затем на фейдер канала. Разрыв (Insert) представляет собой гнездо разъема типа «стереоджек» с несколько необычно скоммутированными контактными группами. Если в гнездо не вставлена ответная часть разъема, то сигнал проходит с выхода эквалайзера на вход фейдера. Однако если ответная часть разъема вставлена в гнездо, то цепь действительно оказывается разорванной. Вместо нее по подключенному к ответной части разъема кабелю с двумя сигнальными проводниками сигнал с выхода эквалайзера сначала попадает на вход внешнего устройства обработки, например, ревербератора (данная линия называется посылом), а затем возвращается в микшер по линии, которая называется возвратом. Именно за счет наличия гнезда разъема Insert, посылы и возврата каждый канал можно обработать эффектами независимо от других каналов.

После разъема Insert (либо после эквалайзера) сигнал поступает на фейдер канала, предназначенный для оперативного регулирования уровня канального сигнала. В недорогих микшерах данный регулятор управляется вращающейся ручкой. Но более удобна слайдерная (движковая) конструкция фейдера. Положение канальных фейдеров относительно друг друга создает об-

щее представление о соотношении уровней сигналов в каналах. Фейдер обычно имеет маркировку его оптимального положения (0 дБ). Для повышения уровня оставлен некоторый запас (10–15 дБ), но в основном предусматривается его уменьшение. Когда фейдер находится в положении бесконечности, сигнал максимально ослаблен.

После фейдера в схеме пульта расположен регулятор панорамы, определяющий баланс сигнала между левым и правым выходами. Обычно регулятор панорамы является источником сигнала для главного стереовыхода.

Префейдерные посылы (Auxsendpre) используются для организации мониторинга. Сигнал снимается до того, как он пройдет фейдер канала, поэтому уровень отбираемого сигнала не зависит от положения фейдера канала. Это удобно с той точки зрения, что мониторинг микс для артистов, находящихся на сцене (или для исполнителя и звукооператора), и звук в зрительном зале (или на входе записывающего устройства) становятся независимыми. Однако при необходимости корректировок приходится манипулировать и фейдером канала, и префейдерными ручками Aux. **Постфейдерный посыл** (Auxsendpost) используется для эффектов. Пропорции между уровнем сигнала, подаваемого на внешние приборы обработки звука, и уровнем сигнала в канале при этом сохраняются. Как правило, микшеры позволяют подключать «Aux» как до, так и после фейдера. Делается это с помощью специального переключателя «Pre/Post».

Для последовательного подключения эффекта, действующего только на один канал, служит разрыв (Insert). Такими эффектами могут быть, например, **хорус**, **флэнжер**, а обработками – **эквалайзер**, **гейт**, **компрессор**. Последовательные эффекты включаются в разрыв в тех случаях, когда нужно обработать ими сигнал только одного канала.

Для одновременной обработки эффектом нескольких источников можно подключать их через шины Aux, причем эффект оказывается доступным для всех каналов и для каждого из них можно установить свою глубину эффекта. После обработки эффектом параллельного действия сигнал возвращается на

основную шину микшера, где смешивается с остальными сигналами. В результате в общем миксе присутствует и исходный сигнал, и обработанный. Степень обработки эффектом сигнала того или иного канала устанавливают регулятором уровня посылы.

Обычно у эффектов имеется регулятор **Dry/Wet**. Он может называться и по-другому, но его суть от этого не меняется – это отношение исходного и обработанного сигналов на выходе эффекта. Желательно, чтобы на выходе эффекта, подключенного к шине Aux, был только обработанный сигнал. В противном случае исходный сигнал вернется в общий микс, где смешается с таким же сигналом с выхода канала. Понятно, что за счет сложения двух одинаковых сигналов увеличится их общая громкость. Это в лучшем случае. А в худшем случае вы получите совершенно непрогнозируемый результат за счет того, что фаза необработанного сигнала на выходе эффекта в принципе может отличаться от фазы этого же сигнала на выходе канала.

Если же эффектом требуется обработать только один канал, то эффект можно включить в разрыв (Insert) и добиться требуемых соотношений между обработанным и необработанным сигналами регулировкой Dry/Wet.

В **мастер-модуле микшера** сосредоточены регуляторы уровня левого и правого каналов, **регулятор панорамы** стереомикса, измеритель уровня сигнала на выходе микшера. Здесь же, как правило, находится и регулятор уровня микса, поступающего на тот выход микшера, к которому подключены контрольные мониторы или наушники.

Разумеется, в различных моделях микшера состав элементов коммутации и управления варьируется. Микшеры отличаются количеством каналов (моно и стерео), но рассмотренные элементы, как правило, есть во всех микшерах.

В аналоговых микшерах все сигналы, поступающие на его вход, маршрутизируются и преобразуются в аналоговой форме, т. е. не преобразуются в цифровые коды в аналогово-цифровом преобразователе (АЦП). И наоборот, в цифровых микшерах все действия со звуком производятся в виде цифровых кодов.

Наиболее совершенные (как правило, цифровые) микшеры обладают функцией автоматизации. Поддержка микшером автоматизации означает, что оператор может заранее записать, отредактировать и затем автоматически воспроизвести все свои манипуляции с элементами управления микшера. Перемещения регуляторов, рукояток, слайдеров и изменения состояний переключателей, имеющихся на панели микшера, преобразуются в нестандартные MIDI-сообщения (данные автоматизации), которые, в свою очередь, запоминаются в устройстве, подобном секвенсору. В необходимое время включается воспроизведение автоматизации, данные из секвенсора поступают на соответствующие исполнительные элементы (электронные или механические).

Автоматизированный микшер превращается и в мощнейший инструмент создания сложных сценариев развития событий во время живого выступления, и в средство динамического управления параметрами мультитрековой композиции при ее сведении.

Микшеры нашли применение во всех сферах, где необходима высококачественная обработка звукового сигнала с последующим его усилением. Они используются звукозаписывающими студиями, теле- и радиостанциями, на концертных мероприятиях.

Раздел 2. Приборы пространственной обработки

Тема 3. Ревербераторы

Реверберация (англ. *Reverberation или Reverb*) – эффект создается, когда какой-либо звук звучит в замкнутом пространстве, в результате чего отражения от поверхностей стен вызывают большое количество эхо, затем звук медленно затухает по причине поглощения звуковых волн стенами и воздухом. Эффект наиболее заметен, когда источник звука перестает звучать, но отражения все еще звучат, амплитуда отражений постепенно затухает, пока они не перестают быть слышны. Длительность затухания отражений называется временем реверберации. Оно получает особое внимание при архитектурном проектировании больших камерных залов, которые должны иметь определенное время ревербе-

рации для достижения оптимальной эффективности. По сравнению с различными эхо, звучание которых расположено с промежутком в 50–100 мс, реверберация имеет тысячи эхо, которые расположены очень близко (0.01–1 мс между эхо-сигналами).

Как звуковой эффект реверберация придает чувство глубины пространства.

При звучании звука в закрытом помещении к слушателю первым приходит прямой сигнал. Это сигнал, не отразившийся ни от одной поверхности. Далее к слушателю приходят *ранние отражения*. Ранние отражения – это те сигналы, которые по пути к слушателю отразились от стен помещения только один раз. Последующие, «*поздние*» *отражения* – это «отражения отражений», или «переотражения», когда звуковая волна, прежде чем дойти до слушателя, многократно отражается от разных стен. Чем больше таких отражений, тем сильнее меняется их спектр за счет потери высоких частот, утрачивающих энергию быстрее, чем низкие. Поздние отражения соединяются в одно сплошное плавно затухающее послезвучание- («реверберационный хвост»).

Свойства, которые наиболее сильно влияют на пространственные впечатления от реверберации:

- процент прямого звука;
- процент ранних отражений, их пространственное распределение и время;
- процент реверберационного хвоста, его пространственное распределение и время;
- длительность предварительной задержки (предзадержка).

Длительность предварительной задержки имеет особое значение. Это промежуток времени между прямым звуком и его первым отражением, настройка его длительности позволяет определить положение источника звука в пространстве.

Время реверберации. В конце 19 века Wallace Clement Sabine начал эксперименты в Гарвардском университете с целью изучения воздействия поглощений на время реверберации. Используя портативные духовые инструменты и органные

трубы как источник звука, секундомер и уши, он измерил время от прекращения звучания источника до того момента, пока оставшийся звук станет невнятным (примерно 60 дБ). Он обнаружил, что время реверберации пропорционально размерам комнаты и обратно пропорциональна сумме поглощений.

RT₆₀ (*Reverbtime* время реверберации) – это время, необходимое для того, чтобы отражения звука распались на 60 дБ ниже уровня прямого звука. Время реверберации зачастую устанавливают как одно значение, однако оно может быть измерено в разных частотных диапазонах сигнала (от 20 Гц до 20 кГц), или точнее в узких частотных полосах (одной октаве, 1/3 октавы, 1/6 октавы и т. д.). Как правило, время реверберации, измеряемое в узких частотных полосах, будет отличаться в зависимости от частот, содержащихся в полосе (высокие частоты затухают гораздо быстрее низких).

Оптимальное время реверберации зависит от типа музыки или звуков, которые должны звучать в пространстве. Помещения, используемые для передачи речи, обычно требуют более короткого времени реверберации, для большей разборчивости слов. Если отраженный звук от одного слога слышен, когда произносится следующий слог, то это может затруднить распознавание сказанного слова. Слова «кот», «кол», и «ком» могут быть очень похожи. С другой стороны, если время реверберации слишком коротко, то может пострадать тембровый баланс и громкость.

Основные факторы, влияющие на время реверберации, – это размер и форма помещения, а также материалы, используемые при его строительстве. На время реверберации может повлиять любой объект, помещенный в комнату, в том числе люди и их имущество.

Использование. С помощью реверберации можно создать эффект приближения и удаления источника звука. Для этого постепенно изменяют уровень реверберации, создавая иллюзию изменения звукового плана. При озвучивании фильмов или звуковом оформлении нередко возникает потребность подчеркнуть акустическую обстановку того или иного места действия. Для этого также используют эффект реверберации.

Эффект также очень часто используют для улучшения и подчеркивания художественной выразительности речи, вокала, звучания отдельных музыкальных инструментов. Реверберация может нести не только характер внешнего оформления, но и использоваться как средство усиления драматического действия. Например, шепот, записанный с большим временем реверберации, создает напряженный, пугающий эффект.

Основные факторы, влияющие на время реверберации, это размер и форма помещения, а также материалы, используемые при его строительстве. На время реверберации может повлиять любой объект, помещенный в комнату, в том числе люди и их имущество.

Устройства искусственной реверберации. Устройства, имитирующие естественную реверберацию, называются **ревербераторами**. Эффект искусственной реверберации заключается в придании звучанию объемности, характерной для большого зала, где каждый звук порождает соответствующий, медленно угасающий отзвук. Звуки музыкальных инструментов становятся сочными, объемными, с богатым тембровым составом. Голоса певцов приобретают напевность, недостатки, присущие им, становятся малозаметными.

Реверберация широко применяется в случаях, когда необходимо «украсить», обогатить звучание сольного инструмента или голоса, а также струнной, духовой групп или других голосов симфонического оркестра, за исключением только ритм-секции.

Реверберацию используют для улучшения и подчеркивания художественной выразительности речи, пения, звучания отдельных музыкальных инструментов. Эффект искусственной реверберации расширяет диапазон громкости звука ударных инструментов в популярной музыке, что более приятно для восприятия, чем обычный скучный звук.

Искусственная реверберация может создаваться с помощью целого ряда технических средств.

Считается, что для красиво звучащей реверберации первые ранние отражения должны приходить через 15–20 мс после прямого звука, а суммарная

мощность ранних отражений (в диапазоне 15–50 мс) должна составлять примерно –6 дБ от мощности прямого сигнала. На восприятие реверберации наиболее сильно влияет затухание реверберации от максимального значения до уровня 15 дБ.

Реверберационная камера. Это помещение с хорошо отражающими звук преградами объемом от 120 до 300 м³. Массивные стены, пол и потолок камеры имеют разные углы наклона. С помощью такой камеры формируется реверберация, наиболее близкая к естественной. Громкоговоритель и микрофон устанавливаются так, чтобы между ними было максимальное расстояние, и на микрофон попадали в основном многократные отражения. Сигнал с микрофона смешивается с исходным сигналом, подаваемым на громкоговоритель. Недостаток реверберационной камеры – громоздкость и высокая стоимость. Наибольшее время реверберации достигает 5–7 с.

Листовой ревербератор. В таком ревербераторе используются металлический лист размером 1х2 м, подвешиваемый на пружинах, выполняющих роль демпферов. К листу перпендикулярно его плоскости жестко крепится подвижная катушка электромеханического преобразователя, похожего по конструкции на громкоговоритель. Для съема вибраций листа используется механоэлектрические датчики любого типа (пьезоэлектрический или резистивный); сигнал с датчика подается на усилитель. Эффект реверберации возникает благодаря отражению изгибных колебаний от границ металлического листа. Путем изменения натяжения пружин устанавливается характер реверберации.

Пружинный ревербератор. Этот ревербератор подобен листовому, только в нем вместо металлических листов используется длинная стальная проволока, свитая в спираль. На одном конце крепится электромеханический преобразователь, создающий крутильные колебания. На другом конце – механоэлектрический датчик, чувствительный к крутильным колебаниям. В отличие от листового ревербератора, процесс носит одномерный характер и реверберация очень далека от натуральной. Такие ревербераторы часто интегрируются в усилитель и до сих пор используются в гитарных процессорах. Несмотря на несо-

вершенство, пружинные и листовые ревербераторы оставили свой след в звукозаписи, сформировали определенную эстетику звучания, и до сих пор их звук имитируется почти всеми цифровыми ревербераторами.

Аналоговый электронный ревербератор. Это аналоговая линия задержки на основе магнитофона со сквозным каналом и несколькими головками воспроизведения. Число головок может быть от 2 до 24, оно определяет число отражений, а расстояние между головками – временной интервал между ними. Сигнал с выходов всех головок воспроизведения через сумматор подается на вход усилителя записи. Фактически это многоотводная линия задержки, формирующая ряд затухающих повторов. Регулируя уровень каждого повтора и скорость движения ленты, можно было менять характер реверберации.

Цифровой ревербератор. Это цифровая линия задержки с обратной связью и с отводами, которая имитирует затухающие отражения звука с установленной временной задержкой. Для их формирования выходной сигнал линии через сумматор снова подается на вход с затуханием меньше единицы и суммируется с входным сигналом. Поэтому каждое следующее повторение сигнала имеет большее затухание, чем предыдущее. От величины этого затухания зависит число повторений сигнала с заданной задержкой. Несмотря на то, что в паспортах на устройства указаны сотни видов реверберации, число основных типов алгоритмов в каждом приборе невелико, не более 5–10. А вот количество вариантов звучания, т. е. пользовательских фабричных пресетов – многие сотни.

Основные параметры ревербераторов. К основным алгоритмам цифровых ревербераторов относятся:

- 1) **hall** – имитируется акустика концертного зала; глубокая реверберация с громадным временем затухания, субъективно она отделяет источник звука от слушателя;
- 2) **room** – реверберация небольшой комнаты; подходит для акустических инструментов в камерной атмосфере;
- 3) **live** – имитируется живая атмосфера, считается, что она больше подходит для солирующих инструментов;

- 4) **plate** – имитируется реверберация плоской металлической пластины; используется для вокала и ударных инструментов;
- 5) **spring** – имитируется пружинный ревербератор;
- 6) **chamber** – имитируется реверберационная камера;
- 7) **gate** – имитируется реверберация со срезом финальной фазы звучания; придает динамический характер звуку и используется с ударными инструментами, особенно с барабанами;
- 8) **reverse** – имитируется художественная реверберация с инверсной огибающей, т. е. сначала она постепенно увеличивается, а затем резко обрывается. Такой эффект может быть получен инвертированием звука редактором, при использовании обычной реверберации и инверсной версии. В этом случае реверберация начинается до исходного звука. Этот особый эффект иногда используют для вокала.

К наиболее *важным параметрам* современных цифровых ревербераторов относятся следующие.

Reverb Time (Decay time) – время реверберации. Это время затухания звука примерно на 60 дБ. Звук реверберации в аудитории затухает со временем из-за потери энергии от поглощающего материала элементов отражения комнаты. Чем больше коэффициент отражения комнаты, тем дольше происходит затухание, и о комнате говорят «живая».

При большом поглощении комнаты звук затухает быстро, и комната характеризуется как «мертвая».

Reverb Delay – задержка реверберации. Это интервал между ранними отражениями и реверберационным хвостом.

Pre Delay – первоначальное время задержки. Это интервал между прямым звуком и первым ранним отражением, его величина может быть от 0 до 100 мс. Этот параметр связан с имитацией виртуальных размеров комнаты, в которой находится слушатель. Чем меньше его значение, тем более маленькие размеры комнаты.

Density of early (primary) reflections – плотность ранних отражений. Этот параметр характеризует геометрию имитируемой комнаты. Чем меньше интервалы между отражениями, тем более маленькие размеры комнаты.

Early Reflection Level – уровень ранних отражений. Этот параметр связан со свойствами отражающего материала покрытий комнаты.

Balance (Dry/Wet) – баланс (прямой звук/звук с реверберацией). Этот параметр определяет отношение прямого звука и звука с реверберацией.

Diffusion of reverberation – диффузность реверберации. Когда этот параметр низкий, эффект реверберации становится дискретным и звук воспринимается как эхо.

Тема 4. Дилэй

В основе работы прибора «дилэй» лежит принцип эхо-эффекта.

Эхо (англ. *Echo*) – отражение звука, прибывающее к слушателю через некоторое время после прямого звука. Типичные примеры эхо – это отражения на дне колодца, на стройке или от стен закрытого помещения. Время задержки равно расстоянию, деленному на скорость звука.

Эхо можно имитировать с помощью эффекта дилэй, однако дилэй должен быть настроен соответствующим образом, а именно: задержанный сигнал должен содержать меньшее количество высоких частот. По этой причине эффект задержки часто путается с эффектом эха; в эхо-сигнале, в отличие от обычного задержанного, меньше высоких частот по причине их поглощения материалом, от которого отразился звук, и в связи с поглощающими свойствами воздуха.

Если к слушателю приходит много отражений, так что он не в состоянии провести между ними различия, это называется реверберацией. Эхо может быть объяснено как волна, которая отражается от неровностей или предметов в среде распространения, звук возвращается с достаточной, воспринимаемой задержкой. Эхо становится различимым на слух, если интервал между прямой и отраженной звуковой волной составляет 50–60 мс, что соответствует 15–20 м, которые звуковая волна проходит от источника и обратно, при нормальных условиях.

Истинное эхо 50–60 мс – это одно отражение источника звука, однако звуковая волна может отразиться от поверхностей (например, стоящих друг напротив друга домов или стен) много раз, проходя через одну точку, что вызовет многократное эхо (такое эхо можно наблюдать от грома).

Дилэй – эффект задержки звука, задержка происходит с помощью записи входного сигнала с последующим проигрыванием его через определенный период времени. Задержанный сигнал может воспроизводиться либо один раз, либо несколько раз для создания повторяющегося звука, похожего на распадающееся эхо.

Дилэй аппаратный (англ. *delay*), или *эхо* (англ. *echo*) – соответствующее устройство, имитирующее четкие затухающие повторы исходного сигнала. Эффект реализуется добавлением к исходному сигналу его копии или нескольких копий, задержанных по времени. Под дилэем обычно подразумевается однократная задержка сигнала, в то время как эффект «эхо» – многократные повторы. По принципу действия является частным случаем ревербератора. Отличие заключается в том, что дилэй имеет одну линию задержки и больший временной интервал (не менее 50–60 мс), который позволяет отделить оригинальный звук от эффекта на слух.

Аналоговый дилэй. До изобретения технологий задержки звука, для создания эффекта эха необходимо было производить запись в естественно звучащем помещении, где присутствовало эхо, это доставляло большие неудобства для музыкантов и звукорежиссеров.

Первые эффекты дилэя создавались с помощью использования зацикленной магнитной ленты, проигрываемой на магнитофоне. В начале ленты устанавливалась записывающая головка, а через определенный промежуток воспроизводящая, или несколько воспроизводящих – для создания нескольких задержек. Путем сокращения или удлинения ленты и корректировкой записывающей и воспроизводящей головок, изменялся характер задержки.

Тонкая магнитная лента не совсем подходила для непрерывной работы, поэтому время от времени лента должна была заменяться для сохранения верности и качества задержанного звука.

Цифровой дилэй. Наличие недорогой цифровой обработки сигнала в конце 1970-х и 1980-х гг. привело к разработке первых цифровых дилэев. Цифровые системы создавали задержку с помощью сэмплирования входного сигнала через аналого-цифровой преобразователь, после чего сигнал проходил через серию цифровых сигнальных процессоров, записывая сигнал в буфер хранения, а затем воспроизводя на основе установленных пользователем параметров. Задержки могут быть смешаны с сухим сигналом после или перед тем, как он отправляется в цифро-аналоговый преобразователь.

Многие современные цифровые дилэйи имеют обширный набор вариантов настроек, включая контроль времени до воспроизведения задержек сигнала. Также большинство позволяют выбрать общий уровень обработанного сигнала по отношению к сухому (не обработанному), или уровень, на котором задержанный сигнал подается обратно в буфер, который будет снова повторяться (обратная связь). Сегодня некоторые системы имеют более экзотические элементы управления, такие как возможность добавления фильтров, или воспроизведение содержимого буфера в обратном направлении.

Программный дилэй. Следующим шагом развития цифровых аппаратных дилэев было появление программных систем задержек. Большое количество системной памяти современных персональных компьютеров имеет практически безграничный буфер для хранения звука, и более натуральные алгоритмы задержки, предлагая возможность смещения или внесения случайности в задержки, или вставку других звуковых эффектов в процесс обратной связи. Многие разработчики плагинов добавляют возможность подражания звукам ранних аналоговых устройств.

Параметры дилэя. Обратная связь (*feedback regeneration*) – при отсутствии обратной связи на выходе будет одна задержка, с увеличением ее значения растет и количество сигналов на выходе.

Время задержки (**delaytime**) – промежуток времени между исходным сигналом и его задержкой (задержками).

Баланс (**balancemix**) – соотношение исходного и задержанного сигналов.

Тип (**type**) – характеризует тип используемого дилея.

Slapbackdelay – короткая одиночная задержка без обратной связи длительностью до 120 мс.

Echo – более длинная задержка с обратной связью.

Multitapdelay – несколько последовательных задержек.

Stereodelay – левый и правый каналы обрабатываются с разными параметрами обратной связи и времени задержки.

Rhythmicdelay – тоже, что и **stereodelay**, но параметры времени задержки каналов устанавливаются в строгой зависимости друг от друга (например, четверти и триоли).

Pingpongdelay – поочередное панорамирование задержанного сигнала в левый/правый канал.

Reverse – в цифровых эффектах возможно воспроизведение записанного в буфер сигнала в обратном порядке.

Dynamicdelay – уровень задержанного сигнала зависимости от уровня входного. Таким образом, задержанные фразы звучат тише и не мешают новым фразам.

Modulattedelay – задержанный сигнал обрабатывается другими эффектами (хорус, флэнжер и пр.).

Использование. Наиболее часто эффект дилея используется для создания эффекта эха. В популярной и электронной музыке, дилэй используется для создания плотных текстур. Очень большое время задержки – 10 с или более используются для создания петель целых музыкальных фраз.

Также очень часто используется эхокомплекс, который создает повторяющиеся задержки синхронно с музыкальным ритмом, так что ноты комбинируются и рекомбинируются интересными способами.

Раздел 3. Приборы динамической обработки звука

Тема 5. Компрессоры

Многообразие компрессоров и их применение. Существует множество разнообразных компрессоров – от самых простых до сложнейших, от универсальных до узкоспециализированных, от одно- до многополосных. Примером узкоспециализированного типа является класс приборов, применяемых для увеличения продолжительности звучания электро-гитары – так называемый «эффект сустейна», по сути, это компрессор, который сначала ослабляет входной сигнал, а затем, по мере его затухания – усиливает его, делая его динамическую характеристику практически ровной.

На сегодняшний день без компрессоров не обходится ни одна сфера профессионального звукового оборудования – особенно это касается концертного звукоусиления, так как зачастую поведение любого входящего аудиосигнала на «живом» концерте является непредсказуемым, будь то голос или бас-гитара. Например, вокалист, активно двигаясь по сцене, непроизвольно меняет расстояние между ртом и микрофоном, что создает «провалы» в уровне сигнала – в таких случаях компрессор просто незаменим.

В студиях звукозаписи компрессоры также составляют неотъемлемую часть обработки звука. Однако, в отличие от концертного звука, в студиях, компрессоры применяются с большой аккуратностью и только при необходимости. Выбор и настройка компрессора зависит от вкусовых предпочтений музыканта, его манеры исполнения, а также от музыкального стиля. К примеру, в рок-музыке компрессоры применяются очень активно и довольно жестко, а в джазовой музыке, где хороший динамический диапазон имеет важное значение, компрессоры применяются очень редко и мягко. При записи симфонической музыки компрессоры чаще всего не применяются. Также немаловажное значение компрессоры имеют в сфере современного студийного постпродакшна. Для этого, как правило, применяются дорогие многополосные компрессоры, которые разделяют входящий сигнал на 3 или более частотные полосы и позволяют индивидуально подобрать параметры компрессии для каждой из них.

В некоторых компрессорах можно встретить ряд дополнительных функций, например, «боковая цепь» (Sidechain), в которой помимо основного входного сигнала, на дополнительный вход компрессора подается другой (боковой), каким-либо образом связанный с основным. И параметры компрессии основного сигнала устанавливаются в определенную зависимость от уровня или частотной характеристики бокового. Очень часто компрессоры составляют динамический блок обработки в акустических процессорах.

Компрессор (от англ. «compress» – сжимать, сдавливать) – это электронное устройство или компьютерная программа, используемая для уменьшения динамического диапазона звукового сигнала, иными словами, компрессор уменьшает разницу между самыми тихими и самыми громкими звуками.

Принцип работы. Если динамический диапазон сигнала превышает заданный порог, то компрессор уменьшает его на определенную величину. Степень компрессии определяется следующим образом. Например, входной сигнал превышает порог на 8 дБ, а в результате компрессии выходной сигнал превышает порог на 2 дБ – значит, степень компрессии составляет 4:1. Для эффективного использования компрессора время атаки должно быть установлено так, чтобы сигнал, длительное время превышающий порог, начинал подавляться постепенно, без нарушения общей логики звучания. Время релиза должно быть выставлено так, чтобы частые короткие всплески превышений порога попадали в диапазон релиза. Обычно время релиза должно превышать время атаки.

Говоря упрощенно, компрессор автоматически контролирует громкость. Понижающая (**Downward**) компрессия уменьшает громкость громких звуков, которые находятся выше определенного порога, а звуки, находящиеся ниже этого порога, остаются неизменными. Повышающая (**Upward**) компрессия (**экспандирование**) – наоборот увеличивает громкость звуков, находящихся ниже определенного порога, в то время как звуки, превышающие этот порог, остаются неизменными. Эти действия уменьшают разницу между тихими и громкими звуками, сужая динамический диапазон. Это может быть сделано по эстетическим соображениям или из-за технических ограничений звукового-

оборудования, которое редко в состоянии справиться с динамическим диапазоном человеческого слуха.

Сжатие может улучшить слышимость звука в шумных местах, где фоновый шум может скрывать тихие звуки. В то время как громкие звуки будут находиться на комфортном для прослушивания уровне, тихие будут не слышны, и если просто повысить общую громкость, то тихие звуки станут слышны, но громкие станут слишком громкими. Если к этому звуку применить компрессию, снижающую уровень громких звуков, то общий уровень громкости может быть увеличен до того уровня, когда будут слышны тихие звуки, и в то же время громкие будут не слишком громкими.

Компрессор уменьшает уровень звукового сигнала, если его амплитуда превышает определенный порог (**Threshold**). Сила подавления определяется соотношением (**Ratio**): соотношение 4:1 означает, что если уровень входного сигнала превышает порог (0 дБ) на 4 дБ, то уровень выходного сигнала будет превышать порог (0 дБ) на 1 дБ. Уровень превышения установленного порога был сокращен в 4 раза (на 3 дБ):

- **Threshold** = -10 дБ;
- **Входящий сигнал** = -6 дБ (выше порога на 4 дБ);
- **Выходящий сигнал** = -9 дБ (выше порога на 1 дБ).

Кроме того, компрессоры, часто имеют параметр управления атаки (**Attack**) и восстановления (**Release**), они могут замедлить быстрое действие компрессора и сгладить эффект.

Устройство компрессора. Сигнал, входящий в компрессор, разделяется: одна копия направляется в усилитель с регулируемым усилением (**Gain**), а другая по боковой цепи (сайдчейн), где цепь контролирует уровень сигнала блока усилителя, применяя необходимое понижение уровня (**Gain**). Этот тип схемы – известна как «feed-forward» – в настоящее время используется в большинстве компрессоров. Ранее схемы базировались на «feedback», где управляющий обратный сигнал цепи был установлен в конце цепи усилителя.

Есть целый ряд технологий, используемых для разного изменения уровня сигнала. Каждая технология имеет различные преимущества и недостатки. Вакуумные лампы используются в конфигурациях, называемых «переменная μ » (variable- μ): напряженность катодной-сетки изменяет уровень звука. Кроме того, используются управляемые напряжением усилители, которые подавляют уровень звука при увеличении силы входного сигнала. Оптические компрессоры используют светочувствительные резисторы (LDR) и маленькие лампочки (LED, или электролюминесцентные панели), чтобы изменять уровень сигнала. Этот метод, как полагают некоторые звукорежиссеры, добавляет плавности сигналу, поскольку время срабатывания света и резисторов смягчает атаку и восстановление. Другие технологии используют включающиеся поле транзисторов и диодные мосты.

При работе с цифровой обработкой звукового сигнала, для реализации сжатия обычно используются цифровые аудиоредакторы.

Параметры компрессора. Threshold (порог) – это уровень, выше которого сигнал начинает подавляться. Обычно устанавливается в децибелах (дБ).

Ratio (Соотношение) – определяет соотношение входящего/выходящего сигналов, превышающих порог (**Threshold**). Например, соотношение 4:1 означает, что сигнал превышающий порог на 4 дБ, сожмется до уровня 1 дБ выше порога. Самое высокое соотношение ∞ :1 обычно достигается с помощью соотношения 60:1, и фактически означает, что любой сигнал, превышающий порог будет снижен до порогового уровня (за исключением коротких резких изменений громкости, называемых «атакой»).

Attack и Release (атака и восстановление). Компрессор может обеспечить определенную степень контроля над тем, как быстро он действует.

«Фаза атаки» (Attack) – это период, в течение которого компрессор снижает громкость до уровня, который определяется соотношением (Threshold и Ratio). Срабатывает в случае превышения сигналом порогового значения (Threshold) и еще в том случае, если каждый последующий сигнал выше уровня громкости предыдущего сигнала.

«Фаза восстановления» (Release) – это период, в течение которого компрессор прекращает сжатие, увеличивая громкость сигнала до его начального уровня. Этот параметр начинает действовать сразу после параметра Attack.

Каждый раз, когда после сжатого сигнала звучит следующий, который ниже порога Threshold или выше, но ниже уровня громкости предыдущего сигнала, тогда вместо *фазы атаки* срабатывает *фаза восстановления* на каждый такой последующий сигнал, и компрессор перестает сжимать в соответствии с параметром Release. Будет ли компрессор сжимать во время периода восстановления (Release) или нет, зависит от времени, за которое прекращается сжатие (параметра Release). Если в период восстановления (Release) сигнал сжимается, то данный сигнал первоначально сожмется на столько децибел, на сколько сжался предыдущий. Только в таких случаях может быть сжат звук, который ниже порога Threshold.

Параметры атаки и восстановления регулируются в зависимости от скорости изменения громкости сигнала.

Во многих компрессорах атака и восстановление регулируются пользователем. Однако в некоторых компрессорах они определяются разработанной схемой и не могут быть изменены пользователем. Иногда параметры атаки и восстановления являются «автоматическими» или «программно-зависимыми», это означает, что их время изменяется в зависимости от входящего сигнала. Если громкость исходного материала изменяет компрессор, то компрессор может изменить характер сигнала тонко или довольно заметным образом в зависимости от используемых настроек. Для более интуитивно понятного управления, параметры атаки и восстановления компрессора обозначаются единицей времени (как правило это миллисекунды). Это время, которое потребуется для изменения уровня громкости сигнала на определенное количество децибел, на какое количество – решает завод-изготовитель, очень часто это 10 дБ. Например, если компрессор имеет постоянное время со ссылкой на 10 дБ, и время атаки установлено в 1 мс, то для сокращения звука на 10 дБ потребуется 1 мс, и 2 мс должно сократить на 20 дБ.

Следует отметить, что разные производители компрессоров измеряют время атаки по-разному. Одни разработчики берут за время атаки тот промежуток времени, за который срабатывает компрессор после того, как сигнал преодолеет границу порогового значения, другие же считают, что время атаки означает, сколько уйдет у компрессора времени на то, чтобы ослабить сигнал на 60–90 % от максимально возможного значения.

Мягкое и жесткое колено (Knee). *Мягкое и жесткое колено компрессии.* Еще один параметр компрессора может предложить жесткое/мягкое колено (**hard/soft knee**). Колено управляет изгибом компрессии на пороговом значении, оно может быть острым или округлым. Мягкое колено медленно увеличивает соотношение сжатия и в конечном итоге достигает сжатия заданного пользователем. Мягкое колено уменьшает заметность перехода от несжатого сигнала к сжатому, особенно для более высокого соотношения, где переход более заметен.

При жестком колене компрессия начинается и прекращается резко, что делает ее более заметной.

Пиковый против RMS. Пиковый компрессор мгновенно реагирует на уровень входного сигнала. Предоставляет жесткий контроль над пиками, он может очень быстро изменять подавляемый уровень сигнала, производя более очевидное сжатие, иногда это приводит к искажениям. Некоторые компрессоры на входящий сигнал применяют усредненную функцию (обычно RMS). Это создает более спокойное сжатие, что также более тесно связано с восприятием громкости человеком.

Стереосвязь (stereo-linking). Компрессор со стереосвязью применяет одинаковое усиление и подавление сигнала, для левого и правого каналов. Это делается для того, чтобы предотвратить перемещение стереокартины, изменение может произойти, если каждый канал будет сжиматься индивидуально и содержание одного канала будет громче другого.

Стереосвязь может быть достигнута двумя способами: либо компрессор суммирует в моно левый и правый каналы на входе, а затем только левый канал

контролирует функционал; или компрессор по-прежнему рассчитывает необходимое количество подавляемого сигнала независимо для каждого канала и затем применяет наибольшее подавление уровня (в таком случае это может иметь смысл: при выборе из различных установок к левому и правому каналам, как к одному, возможно потребуется меньшее сжатие для одного из каналов).

Поднимать вверх уровень (Makeupgain). Из-за того, что компрессор сокращает уровень сигнала, возможно добавление фиксированного количества **makeupgain** (поднятия уровня вверх) на выходе, как правило, для того, чтобы его оптимизировать. Эта опция очень полезна, если она автоматически подстраивается, тогда при увеличении компрессии громкость сигнала автоматически увеличивается, избавляя от необходимости вручную добавлять громкость на выходе.

Смотреть вперед (Look-ahead). Функция **look-ahead** (смотреть вперед) предназначена для решения проблемы нахождения компромисса между медленной атакой, которая производит гладко звучащее изменение уровня сигнала, и быстрой атакой, которая способна улавливать резкие изменения. Фраза **look-ahead** (смотреть вперед) является неправильной в том смысле, что на самом деле взгляда вперед (в будущее) не происходит. Вместо этого входной сигнал разделяется на две части, одна часть задерживается (обрабатываемая компрессором), а другая используется для анализа. Таким образом, будет использована плавно звучащая медленная атака, которая может поймать резкие изменения в звуке. **Недостаток этого способа состоит в том, что он задерживает сигнал.**

Типы компрессоров

1. ОРТО. Оптические компрессоры

Оптические аудиокомпрессоры используют свет в качестве сигнала для обнаружения в процессе сжатия. Аудио сигнал пропускается через лампочку, в результате чего она светится ярче или тусклее, представляя силу сигнала. Однако, поскольку сила света зависит от скорости, с которой может регулироваться нить накала, мы видим гораздо более медленный эффект обработки. Благо-

даря своей усредняющей природе они не способны хорошо обрабатывать быстрые пики, так как попросту не успевают их обрабатывать и пропускают их.

Обычно характеристики оптических компрессоров имеют «мягкий» излом, что также связано со свойствами оптического элемента. Благодаря этому компрессоры на оптико-электрических элементах обладают натурально звучащей атакой и восстановлением.

Оптическое сжатие является гладким и красочным. Это имеет огромную важность при работе с бас-гитарами или вокалом. Из-за своей медленной природы, он работает намного лучше, чем FET или VCA в качестве компрессора шины, чтобы усреднить динамику во времени. Он также великолепен в том, чтобы усиливать отдельные звуки, не подавляя их. Хотя мягкая природа тонкого сжатия со временем может действительно помочь сбалансировать динамику, они могут быть подвержены накачке, вызванной чрезмерным басом или большими, кратковременными блоками громкого контента.

Идеально подходит для протяжных вокальных партий, баса.

Чаще всего плагины этого типа компрессора делают как эмуляции самого популярного оптического компрессора LA-2A.

2. VCA (Voltage Controlled Amplitude).

Они значительно быстрее оптических и ламповых приборов, благодаря чему гораздо лучше справляются с ослаблением пиковых значений. Кроме того, у них невероятно высокий уровень ослабления, что весьма полезно, когда вам нужно действительно «задавить» сигнал. Минусом VCA-компрессоров является склонность дешевых, и поэтому менее качественных, приборов заглушать высокие частоты при высоком уровне компрессии. Вдобавок надо заметить, что некоторым не по душе оттенок, который они придают звучанию. Тем не менее VCA-компрессоры имеют довольно широкий диапазон качества, поэтому одни приборы звучат намного лучше других.

Идеально подходит для склеивания микса, групп (ударных и музыкальных), барабанов. Также при правильной настройке может отлично справляться с вокальными партиями.

Чаще всего плагины этого типа компрессора делают как эмуляции самых популярных классических компрессоров DBX 160/165 и SSL 4000 BusCompressor.

3. FET (Field Effect Transistors).

FET-компрессоры сделаны на базе полевых транзисторов. Как это ясно из названия, в качестве управляющего элемента они используют полевой транзистор, у которого есть свои плюсы и минусы. С одной стороны, атака у полевого транзистора куда более быстрая, чем у оптических компрессоров, и даже быстрее многих VCA-приборов. С другой стороны, у полевого транзистора достаточно ограниченный динамический диапазон, поэтому при высоких уровнях сигнала компрессоры на полевых транзисторах зачастую искажают звук.

Идеально подходит для рока; в группах ударных, если нужно придать грязноватого и немного жесткого звучания, а также плотности; для вокальных партий, где исполнитель произносит быстро слова.

Чаще всего плагины этого типа компрессора делают как эмуляции самого популярного классического транзисторного компрессора Urei 1176.

4. VARI-MU (Ламповые компрессоры).

В качестве управляющих элементов первые компрессоры использовали вакуумные лампы, чаще всего триоды или пентоды. Людям, интересующимся техникой, вероятно, будет интересно узнать, что это полностью двухтактная конструкция – это означает, что одна часть лампы управляет положительной фазой сигнала, а другая – отрицательной.

У ламповых компрессоров (Variable-Mucompressor) отсутствует регулятор глубины компрессии. Однако многим нравится характерная черта этих приборов, благодаря которой, чем мощнее «рубит» инструмент (чем выше лежит сигнал над пороговым значением), тем глубже становится компрессия.

Хотя у ламповых компрессоров атака и восстановление быстрее, чем у оптических, тем не менее, они не настолько «быстры», как компрессоры на базе VCA. Именно поэтому приборы на лампах менее эффективны при подавлении переходных пиковых значений, нежели VCA-компрессоры.

Также ламповые компрессоры как класс обладают меньшим коэффициентом ослабления усиления, так как у используемой в них лампы наименьший динамический диапазон из всех управляющих элементов, применяемых в различных компрессорах. Обычно лампа выдает от 12 до 16 дБ, а иногда и значительно больше.

Этот вид компрессора имеет переменный коэффициент усиления. Он очень гладко и прозрачно обрабатывает входной сигнал, поэтому его очень часто применяют на мастер-шине для «склеивания» микса.

Идеально подходит для мастер-шины, групп.

Чаще всего плагины этого типа компрессора делают как эмуляции самых популярных классических ламповых компрессоров PuigChild 660 и 670; Waves JJP PuigChild 660/670.

5. Многополосный компрессор (англ. Multibandcompressor) – прибор, состоящий из кроссовера и нескольких компрессоров, подключенных к выходам кроссовера. В результате становится возможной различная компрессия на разных частотных полосах.

Устройство. В начале многополосного компрессора сигнал расщепляется с помощью нескольких полосовых фильтров или с помощью кроссоверов. Частотные диапазоны или частоты кроссовера могут быть регулируемы. После этого каждый разделенный сигнал проходит через свой компрессор, где индивидуально настраиваются порог, соотношение, атака и восстановление. Далее разделенные сигналы могут быть отправлены, к примеру для обработки лимитером, чтобы избежать появления нежелательных пиков в уровне звука. В конце цепи сигналы суммируются на выходящем усилителе в один аудиопоток.

Программные плагины или цифровые устройства обработки эмулирующие многополосные компрессоры могут быть сложными и иметь много полос, что потребует соответствующей вычислительной мощности.

Использование. Многополосный компрессор – в первую очередь инструмент для мастеринга, его очень часто используют в виде плагина для цифровых рабочих аудиостанций. Аппаратные многополосные компрессоры, также широко

ко используются в эфирных цепях на радиостанциях (АМ или FM), в целях очевидного увеличения громкости станции без страха перемодуляции. Радиостанции, имеющие большую громкость, обладают большим преимуществом в коммерческой конкуренции. Тем не менее настройка многополосного компрессора на радиостанции требует некоторого художественного чувства стиля, много времени и наличия хороших ушей.

Причины появления. Одна из основных причин – это так называемый *pumping-эффект* (качающий эффект). Когда однополосный компрессор сжимает весь аудиопоток сразу, он одновременно воздействует на все частоты, что приводит к тому, что один звук маскирует другие. Например, при попытке сделать громче оффбит-бас относительно бочки можно «утопить» (сделать менее заметным) длинный крэш, который звучит одновременно с бочкой и басом. В результате необходимо было искать компромисс, а исходная цель так и не достигалась.

Другая причина состоит в том, что на некоторых частотах (средних и высоких) время атаки компрессора может быть критично важным и уже при средних значениях не сожмет начальные атаки сэмплов, а это значит, что они останутся примерно на том же уровне, что может уменьшить максимально возможный прирост громкости.

Тема 6. Лимитеры, максимайзеры, клипперы

Лимитер (**Limiter**) – от слова лимит (ограничение). Любой обычный компрессор можно настроить как лимитер. Достаточно выставить очень короткое время атаки, восстановления и большое значение **Ratio** (30:1 или более).

Лимитер – это тот же компрессор, но настроенный на жесткое ограничение. Главными отличиями лимитера от компрессора являются:

- реакция – способность моментально реагировать на изменения уровня сигнала, с временем атаки (**Attack**) от 0–10 мс;
- агрессивность – соотношения входного сигнала к выходному (**Ratio**) начинается от 10:1 до 60:1 (в большинстве случаев – бесконечность);

· возможность управления данными параметрами связана с частой потребностью управлять «жесткостью» ограничения сигнала, т. к. большинство компрессоров неспособны работать с такими параметрами. При использовании очень жесткого лимитирования сигнал будет клипширован, на месте пика образуется ровная «площадка», это внесет неприятные на слух искажения, что является очень нежелательным.

Использование. Особенность лимитера в том, что в отличие от компрессора он срабатывает мгновенно, и поэтому лимитер очень часто устанавливается после компрессора для того, чтобы ловить самые громкие пики сигнала, которые компрессор пропустил вследствие большего времени атаки. Однако это может привести к тому, что фонограмма может потерять «панчовость» (резкость) – подавленные пики могут являться атакой бочки, барабана, перкуссии и подобных инструментов, без атак которых фонограмма может звучать глухо и слишком ровно.

Кирпичная стена. «Кирпичная стена» (Brickwall) – это лимитирование, которое имеет очень высокий показатель соотношения, и очень быстрое время атаки. В идеале это гарантирует, что звуковой сигнал не сможет превысить установленный порог амплитуды. Соотношение от 20:1 вплоть до ∞ :1, считается «кирпичной стеной». Получаемый результат звучит очень резко, жестко и неприятно, поэтому такой вид лимитирования чаще всего используется для предохранения от перегрузок при живом выступлении и теле/радиовещании.

Максимайзер (англ. *Maximizer* – максимизатор) – это прибор динамической обработки, повышающий уровень звукового сигнала при мастеринге. Задача максимайзера – максимально повысить уровень сигнала, но не допустить клиппинга. По принципу работы максимайзер очень схож с работой лимитера, также устанавливается самым последним в цепи обработки, но отличается от него более индивидуальными алгоритмами работы и нацелен на увеличение громкости с минимальным количеством искажений.

Подавляющее большинство максимайзеров – это цифровые приборы. В аналоге практически невозможно сделать «заглядывание вперед», и поэтому

аналоговые пиковые лимитеры используют либо мгновенное время атаки (что приводит к изломам амплитудной огибающей), либо пропускают некоторую перегрузку, вызывая клиппирование. Цифровые максимайзеры способны «заглядывать вперед» и заранее реагировать на атаку, за миллисекунды до наступления пика.

Параметры у максимайзера могут быть такими, как у обычного компрессора или лимитера Threshold, Attack, Release, Ceiling. Но чаще всего в максимайзере всего несколько параметров, а именно выбор алгоритма работы, сила усиления, время восстановления и Ceiling. Но бывают приборы и с очень большим количеством параметров, не присущих обычному компрессору или лимитеру.

Главная цель максимайзера – чтобы амплитудная огибающая была плавной, без разрывов и изломов, поэтому в максимайзерах используется функция look-ahead (взгляд в будущее), она реализуется с помощью небольшой задержки выходного сигнала относительно входного. Поскольку максимайзеры обычно применяются в процессе мастеринга последними в цепи устройств, это не создает проблем. Чаще всего задержки, вносимые максимайзерами невелики, до 10 мс, но бывают и исключения.

Использование. Причины использования максимайзера в том, что громкая музыка зачастую кажется «красивее» и «качественнее», чем тихая, и больше привлекает внимание, но на самом деле чаще всего оказывается, что качество ниже. Поэтому большинство продюсеров всеми силами стремятся повысить уровень фонограммы при мастеринге: ведь от этого может зависеть ее коммерческий успех. Вторая причина повышения громкости – желание наиболее полно использовать динамический диапазон носителя аудиозаписи. Также важно максимально использовать динамический диапазон воспроизводящего устройства, чтобы запись не тонула в шумах.

Негативные последствия. Увеличение громкости приводит к тому, что аудиозапись теряет свою динамику, это очень заметно на качественной акустической системе, если сравнить две версии одной и той же фонограммы, одна из которых будет сильно максимизирована. При одинаковом уровне данных фоно-

грамм максимизированная будут звучать ярче и как будто качественнее, но данная ситуация будет наблюдаться только потому, что она громче. Если же громкость этой фонограммы уменьшить до уровня не максимизированной простым опусканием фейдера громкости, то необработанная фонограмма в сравнении с обработанной будет звучать так же ярко, но будет иметь куда большую динамику, что будет заметно ее выделять в лучшую сторону в сравнении с максимизированной.

Незначительная максимизация не повредит композиции. Но в современной музыкальной индустрии максимизация и гонка за громкостью в некоторых случаях доходит до того, что музыка теряет всю динамику и звучит очень «плоско».

Разрывы и изломы амплитудной огибающей – это обычное явление для подавляющего большинства максимайзеров. Они приводят к аналогичным разрывам и изломам в форме волны выходного звука; это означает, что спектр возникающих интермодуляционных искажений становится широким, охватывающим все частоты. При этом слышимость искажений многократно возрастает. При гладкой амплитудной огибающей интермодуляционные искажения обычно группируются вокруг пиков в спектре сигнала, где они с большой вероятностью будут психоакустически замаскированы этими пиками. При наличии же изломов и разрывов амплитудной огибающей спектр искажений расширяется и может выйти за порог маскировки. Искажения становятся слышны как треск.

Клиппер (англ. clipper – *клиппирование*) – это устройство динамической обработки, работающее по принципу жесткого лимитера со сглаженной передаточной характеристикой.

Устройство. Софтклиппер, как и лимитер, ограничивает уровень сигнала. Он схож с жестким лимитером, соотношение которого равно $\infty:1$, имеет нулевые значения времени атаки и восстановления, а также имеется опция мягкого колена (soft-knee), при таких настройках софтклиппер начинает работать с полуволнами сигнала, по принципу похожему на дисторшн. Благодаря возмож-

ности регулирования мягкости колена у софткиппера есть возможность изменения плавности перехода к клиппированному сигналу, что делает клиппирование не таким заметным и позволяет избавиться от резких углов в фонограмме, которые могут проявиться как щелчки.

Тема 7. Приборы для уменьшения уровня шумов

Expander-Noise-Gate. Часто так называют ослабляющий экспандер, уменьшающий уровень сигнала, не превышающего заданный порог. Алгоритм может применяться для мягкого шумоподавления.

Ослабляющий экспандер обладает следующими регулируемыми параметрами:

- Threshold: порог. Сигнал, не превышающий этот порог, ослабляется. Сигнал выше порога не изменяется;

- Ratio: степень ослабления. Степень ослабления обычно измеряется в децибелах ниже уровня порога. Например, степень экспандирования 8:1 в восемь раз ослабляет не достигающий порога сигнал;

- Attack: время атаки экспандера;

- Release: время релиза экспандера. Экспандер может иметь встроенные индикаторы степени ослабления сигнала (Reduction), среднего входного уровня, и выходного уровня;

- Release: время релиза экспандера. Экспандер может иметь встроенные индикаторы степени усиления сигнала (Reduction), среднего входного уровня и выходного уровня.

Гейт (Noise-Gate) – это еще один тип экспандера. Гейт пропускает без изменения сигнал, превышающий порог, и полностью подавляет все, что не достигает порога. Гейт может применяться для жесткого шумоподавления в паузах, для обрезания реверберационных «хвостов» и т. п.

Как правило, гейт обладает следующими регулируемыми параметрами:

- Threshold: порог. Сигнал, не превышающий этот порог, подавляется. Сигнал выше порога не изменяется;

– Hold: время, в течение которого гейт находится в открытом состоянии после фазы атаки, либо перед фазой релиза. Эта регулировка полезна для ликвидации «дерганья» гейта при быстром изменении сигнала вокруг порогового уровня;

– Attack: время перехода гейта из полностью закрытого в полностью открытое состояние;

– Release: время перехода гейта из полностью открытого в полностью закрытое состояние;

– Range: глубина закрытого гейта (фактически, степень подавления сигнала, не превышающего порога). Работа с этой регулировкой на первый взгляд абсолютно алогична: чем чище сигнал, тем больше степень подавления. Напротив, в случае шумного сигнала не следует устанавливать максимальную степень подавления – иначе гейт будет раздражающе заметен. Гейт может иметь индикаторы входного/выходного уровня и степени закрытия гейта.

Тема 8. Деэссер

Деэссер (англ. Deesser) предназначен для уменьшения или устранения избыточно шипящих звуков в записи человеческого голоса. Избыток шипения может быть вызван компрессией, выбранным микрофоном или техникой и даже просто губами вокалиста. Шипение лежит в диапазоне между 2–10 кГц, в зависимости от человека. Чаще всего избыточное шипение появляется при произношении таких звуков, как «С», «Ч», «Щ».

Деэссер – это динамический процесс, он срабатывает только тогда, когда уровень шипящего сигнала превышает установленный порог выбранной полосы частот. Он отличается от эквалайзера, который статически изменяет уровень частот, но он также может быть использован для снижения уровня шипящих частот.

Три типа деэсеров:

- широкополосный деэссер;
- компрессия разделенных полос;

- динамическая эквализация.

Устройство. Деэссер может быть реализован следующими способами (все способы выполняют одинаковую функцию, временно снижая уровень высокочастотного шипения при его появлении в сигнале):

- сайдчейн **компрессия, или широкополосный деэссер:** сигнал подается по боковой цепи компрессора, отфильтрованный так, чтобы оставить только шипящие частоты. В результате компрессор сжимает сигнал только при наличии высокого уровня шипения. Этот метод сжимает весь диапазон частот, поэтому в деэссерах данного типа параметры атаки и восстановления чрезвычайно важны, и параметр порога не может быть установлен очень низко, как в других видах деэсеров, так как возможно появление очень заметных артефактов;

- **компрессия разделенных полос:** сигнал разделяется на два частотных диапазона, первая часть диапазона содержит только чрезмерно шипящие частоты, а вторая часть – все остальные. Сигнал, содержащий шипящие частоты, посылается на компрессор, а другой частотный диапазон не обрабатывается. После прохождения обработки два частотных диапазона смешиваются обратно в один сигнал. Исходный сигнал может быть разделен на высокие (шипящие) и низкие частоты или же таким образом, что частоты выше и ниже шипения не будут затронуты. Этот метод похож на многополосную компрессию;

- **динамическая эквализация:** при данном методе, когда увеличивается уровня шипения, параметрический эквалайзер уменьшает полосу частот, содержащую шипение (определяется пользователем). В этом методе сигнал разделяется на два потока. Первый поток отфильтровывается так, что содержит только шипящие частоты. Этот поток по боковой цепи управляет полосой эквалайзера, настроенной на шипящие частоты. Второй поток отправляется на этот эквалайзер, где и происходит подавление;

- **автоматизированный деэссер:** автоматизация уровня (громкости) вокала (в DAW). Всякий раз, когда появляется чрезмерное шипение, уровень (громкость) может быть изменен вручную, с помощью кривых автоматизации. Этот метод невозможен без автоматизации, потому как звукорежиссер не сможет до-

статочно быстро реагировать на изменение уровня вокала, так как изменения происходят за доли секунды, это продолжительность шипящего «С» или «Т».

Раздел 4. Приборы для изменения АЧХ (амплитудно-частотной характеристики) сигналов

Тема 9. Эквалайзеры

Эквала́йзер (англ. equalizer – букв. «выравниватель», сокращенно «EQ») – устройство или компьютерная программа для регулировки тембра аудиосигнала посредством изменения амплитуды его частотных составляющих. Также это мощное средство для получения разнообразных тембров звука при художественной эквализации. Основным параметром эквалайзера является амплитудно-частотная характеристика (АЧХ). Она показывает, насколько эквалайзер усиливает или ослабляет те или иные частоты входного сигнала.

Эквалайзеры можно встретить как в бытовой, так и в профессиональной аудиотехнике. Они включены во многие компьютерные программы, связанные с воспроизведением и/или обработкой звука – различные аудио- и видеопроигрыватели, редакторы и т. д. Многие электромузыкальные инструменты, инструментальные комбоусилители и педали эффектов также оснащаются эквалайзерами, хотя и менее функциональными.

Простейший пример эквалайзера – это всем хорошо известные регуляторы тембра (высоких и низких, иногда – средних частот), которые есть почти в каждом бытовом и автомобильном усилителе, приемнике или магнитофоне. С их помощью можно отрегулировать звучание системы таким образом, чтобы оно соответствовало вашим вкусам и – в некоторой степени – особенностям помещения, в котором вы находитесь.

Процесс обработки звукового сигнала эквалайзером называется «эквализацией» (**Equalization**). Термин обычно подразумевает коррекцию амплитуды или изменение отношения частот.

Краткая история. История эквалайзеров началась в 1930-х гг. в Голливуде, когда появились первые фильмы со звуком. В то время многие обращали

внимание на неестественное звучание музыки и голосов актеров. Одним из этих людей был Джон Волкман, который и применил первый эквалайзер для улучшения звучания звуковых систем в кинотеатре. До этого подобные эквалайзеру приборы использовались для коррекции звуковых потерь при передаче сигнала. Однако Волкман был первым, кто внедрил эквалайзер в звукоусилительную систему. Первый такой эквалайзер (EQ-251A) представлял собой прибор с двумя ползунками, каждый из которых имел переключатель выбора частот.

В то же время в голливудских студиях звукозаписи проводились эксперименты с эквалайзерами в целях пост-продакшна и создания эффектов. Тогда компания Cinema Engineering разработала первый настоящий графический эквалайзер (модель 7080), который имел 6 полос, регулируемых в пределах 6 дБ с шагом в 1 дБ, а впоследствии – очень популярный в то время 7-полосный эквалайзер 9062A.

Во время Второй мировой войны в этой сфере наступило затишье, и в 1958 году профессор университета Уэйн Радмоуз успешно разработал и применил свою теорию акустической эквализации. После этого в 1962 году Радмоуз совместно со своим другом Боунером разработали акустический фильтр с очень высокой добротностью – так был разработан эквалайзер White, который помог Боунеру создать теорию акустической обратной связи и эквализации помещений.

В 1967 году Арт Дэвис (из Cinema Engineering), совместно с Джимом Ноблем и Доном Дэвисом, разработали первый набор пассивных 1/3-октавных фильтров, который был назван «Acousta-Voice». Эта система положила начало новой эры современной эквализации.

В течение последующих 20 лет произошел буквально бум в разработках эквалайзеров: было создано большое разнообразие эквалайзеров с применением микросхем и других цифровых технологий.

Типы эквалайзеров.

Графический эквалайзер имеет определенное количество регулируемых по уровню частотных полос, каждая из которых характеризуется постоянной

рабочей частотой, фиксированной шириной полосы вокруг рабочей частоты, а также диапазоном регулировки уровня (одинаковый для всех полос). Как правило, крайние полосы (самая низкая и высокая) представляют собой фильтры «полочного» типа, а все остальные имеют «колоколообразную» характеристику. Графические эквалайзеры, применяемые в профессиональных областях, обычно имеют 15 или 31 полосу на канал и часто оснащаются анализаторами для удобства корректировки.

Графический эквалайзер – это один из распространенных типов эквалайзера, который состоит из определенного количества слайдеров добавляющих и вырезающих различные частотные диапазоны звука. Благодаря тому, что он выполнен в виде «движковых» регуляторов, положение ручек как бы «отображает» АЧХ устройства в графическом виде, откуда и произошло название графического эквалайзера. Количество и ширина фильтров зависит от области применения. Типичный графический эквалайзер для профессиональной коррекции звука имеет от 25 до 31 полос, необходимых для быстрого подавления обратной связи и коррекции АЧХ помещения. Такой эквалайзер называется 1/3-октавным эквалайзером («третьоктавный EQ»), потому что центральная частота каждого фильтра находится на расстоянии одной трети октавы от своих соседей. Также распространены эквалайзеры в две третьих октавы, они являются менее точными при формировании желаемого тембра и называется 2/3-октавными эквалайзерами.

Каждая полоса графического эквалайзера характеризуется постоянной центральной частотой, фиксированной шириной (Q) полосы вокруг рабочей частоты, а также диапазоном регулировки уровня (одинаковый для всех полос). Как правило, крайние полосы (самая низкая и высокая) представляют собой фильтры «полочного» типа, а все остальные имеют «колоколообразную» характеристику (пиковые фильтры).

Большинство графических эквалайзеров используют термины октава, 1/3 октавы, 1/12 октавы и т. д. Не следует путать это с музыкальной октавой. Музыкальная октава имеет частотный диапазон от С до В основываясь на частоте

$A_4 = 440$ Гц. Октавы эквалайзера, как правило основываются на частоте 1000 Гц (1 кГц – ISO и ANSI стандарт). Обе октавы имеют стандартную собственность соотношения 2:1, таким образом, переход от одной октавы к следующей приведет к удвоению частоты.

Параметрический эквалайзер дает гораздо большие возможности корректировки частотной характеристики сигнала. Каждая его полоса имеет три основных регулируемых параметра:

- **Frequency/Freq** – центральная (или рабочая) частота в герцах (Гц);
- **Q** – добротность (ширина рабочей полосы вокруг центральной частоты) – безразмерная величина;
- **Gain** – уровень усиления или ослабления выбранной полосы в децибелах (дБ).

В параметрическом эквалайзере для каждой полосы осуществляется независимая друг от друга установка всех параметров (отсюда и название – «параметрический»), а именно центральной частоты (**Freq**), ширины полосы (**Q**) и величины подъема/завала АЧХ (**Gain**). В ряде моделей существует возможность изменения для каждой из полос типа фильтра. Таким образом, параметрические эквалайзеры имеют по три органа управления для каждой полосы регулирования – по числу устанавливаемых параметров. Причем диапазоны изменения параметров могут достигать весьма значительных величин. Например, если глубина регулирования тембра эквалайзером составляет обычно порядка 15–20 дБ, то частота настройки может изменяться уже в 100 и более раз, а добротность (**Q**) – в отдельных эквалайзерах может изменяться и в тысячу раз.

Таким образом, при использовании параметрического эквалайзера пользователь может очень точно подобрать нужную частоту и точно ее отрегулировать. Аналоговые параметрические эквалайзеры встречаются довольно редко и имеют малое количество регулируемых частотных полос. Однако достижения в цифровой обработке звукового сигнала способствовали появлению цифровых параметрических эквалайзеров с практически неограниченным количеством регулируемых частотных полос. Более того, в цифровых параметрических эква-

лайзерах нередко имеются дополнительные параметры полос, такие как тип фильтра, характер кривой и т. д.

Очень часто параметрические эквалайзеры могут служить в качестве одного из блоков обработки цифровых акустических процессоров. Иногда в некоторых моделях звуковой аппаратуры (например, в недорогих микшерных пультах) устанавливается вариант параметрического эквалайзера с урезанными возможностями – такой эквалайзер называется «полупараметрический» эквалайзер (semi-param EQ). Отличается он от обычного тем, что не предоставляет возможностей изменения добротности эквалайзера, т. е. ширины полосы захватываемых им частот.

Отдельные модели параметрических эквалайзеров ведущих фирм применяют принцип «пропорционального Q». Суть его сводится к тому, что при увеличении ширины полосы Width (уменьшении Q) пропорционально уменьшается и глубина регулировки подъема/завала АЧХ. Такой эквалайзер звучит более музыкально и гораздо удобнее в работе.

Существуют эквалайзеры смешанного типа, которые можно встретить в микшерных консолях, где, к примеру, низкие и высокие частоты регулируются по типу графического эквалайзера «полочного» типа, а между ними находятся две полупараметрические полосы (без регулировки добротности).

Также встречаются гибриды, называемые параграфическими эквалайзерами – это гибрид параметрических и графических эквалайзеров. Они, как правило, позволяют управлять коэффициентами усиления (gain) с помощью ползунков (или в графическом виде на дисплее), но при этом имеют настройки добротности и настройку центральной частоты для каждой полосы.

Существуют пространственные эквалайзеры, которые позволяют корректировать отдельно моно (mid) и стерео (side) составляющие сигнала, а также стерео эквалайзеры, в которых есть возможность отдельно эквализировать правый и левый каналы сигнала.

Наиболее часто используемые типы фильтров в параметрических эквалайзерах:

- **lowpass** – пропускающий низкие частоты;
- **highpass** – пропускающий высокие частоты;
- **peaking** или **bell** – полосовой фильтр, колоколообразный;
- **lowshelf** – низкочастотная полка или шельф;
- **highshelf** – высокочастотная полка или шельф;
- **baxandallcurve** – кривая наклона АЧХ без изменения частот перегиба.

Фазово-частотная характеристика. Аналоговые эквалайзеры вносят в сигналы частотно-зависимый сдвиг по времени. Другими словами, различные частотные компоненты сигнала задерживаются на различное время. Как правило, это нежелательный эффект, т. к. если на вход поступает импульсный сигнал (резкий удар или щелчок), то и на выходе желательно получить импульс, не размазанный во времени.

Фазо-частотная характеристика (ФЧХ, фазовая характеристика, *phaseresponse*) показывает, насколько меняется фаза сигнала при прохождении через эквалайзер. Если фаза меняется на величину, пропорциональную частоте, то это соответствует простому сдвигу сигнала во времени, без изменения формы сигнала. Эквалайзеры, реализующие такую ФЧХ, называются эквалайзерами с линейной фазой (*linear-phase EQ*). Все аналоговые эквалайзеры имеют нелинейную ФЧХ, в то время как цифровые эквалайзеры могут иметь как линейную, так и нелинейную ФЧХ.

Для большинства аналоговых эквалайзеров можно построить ФЧХ по известной АЧХ. При этом наибольшие изменения в ФЧХ происходят в местах быстрого изменения АЧХ. Это означает, что чем сильнее вмешательство в частотный диапазон, тем сильнее будут проявляться фазовые искажения – в обиходе часто говорят, что эквалайзер «крутит» фазу.

Цифровые эквалайзеры могут иметь линейную ФЧХ и константное ГВЗ (групповое время задержки, то есть сдвиг по времени различных частотных компонент сигнала), такие эквалайзеры называются линейными. Недостаток таких эквалайзеров:

- пульсации АЧХ в полосе пропускания;

- неполное подавление в полосе подавления;
- ограниченная крутизна изменения АЧХ;
- задержка сигнала.

Технические характеристики. Технические характеристики эквалайзера чрезвычайно важны. Наряду с необходимостью широкого диапазона частот работы эквалайзера (по всему аудиоспектру), он должен обладать достаточно ровной частотной характеристикой при среднем положении всех ручек регулировки. Немаловажным фактором является низкий уровень шумов, так как усиление в области высоких частот подчеркивает имеющиеся шумы – как те, что имеет входной сигнал, так и находящиеся в цепи, но все это имеет отношение к аналоговым эквалайзерам, т. к. цифровые эквалайзеры не создают шума.

Большое значение придается фазовым характеристикам эквалайзера, так как они в той или иной степени сдвигают фазу, между гармониками, и на разных частотах возникают небольшие временные задержки. Это сильно влияет на субъективное звучание эквалайзера и объясняет, почему некоторые эквалайзеры «звучат» хорошо (в музыкальном смысле), в то время как другие приборы с такими же параметрами и технической документацией звучат хуже. Если эквалайзер сдвигает фазу мягко и по нарастанию – это лучше для музыкального восприятия (хуже – когда сдвиги фазы идут неожиданно и в виде пиков). При необходимости можно воспользоваться линейным эквалайзером, но стоит помнить о задержке, меньшей гибкости в настройках и упреждающем звоне.

Следующий фактор – это диапазон регулировки. У аналоговых моделей он составляет обычно 12 или 15 дБ, тогда как у цифровых может быть до 30 дБ и более.

Использование. Эквалайзеры имеют широкий спектр применений. Основное их назначение сводится к получению адекватного (линейного) звучания исходного материала, частотная характеристика которого может искажаться из-за недостатков акустических систем, межблочных приборов обработки, параметров помещения и т. д.

Любое акустическое пространство делает какие-либо звуковые частоты громче или тише, чем другие. Это связано со стоячими волнами, производимыми размерами комнаты, используемыми в ней материалами, формой, количеством зрителей в зале и многим другим – все это может сильно изменять частотную характеристику воспроизводимого материала. Эквалайзер используется для компенсации этих расхождений в акустике помещения. В идеале звуковая система должна воспроизводить плоскую АЧХ. В этом случае специалисты используют три основных компонента: высокоточный измерительный микрофон, анализатор спектра и эквалайзер. Все это позволяет выяснить, какие частоты «пропадают» в данном помещении, а какие выделяются, и в соответствии с этим произвести коррекцию. Это стандартная практика для студий звукозаписи, живых выступлений и некоторых высококачественных систем.

Наиболее часто эквалайзер используется при живых выступлениях, где одновременно работают микрофоны и колонки. Основная проблема заключается в возникновении эффекта обратной связи, который создает неприятные для слуха гудение и пищание. В этом случае звукооператор использует многополосный графический эквалайзер для поиска резонансных частот и подавляет их. Однако для устранения обратной связи не все специалисты используют графический эквалайзер, т. к. для этого существуют специальные приборы – цифровые автоматические подавители обратной связи, которые представляют собой параметрический эквалайзер с автоматическим подбором резонансной частоты, где фильтры имеют очень высокую добротность.

Многие музыканты при записи или выступлениях используют различные эквалайзеры для получения неповторимого звучания своих инструментов, а также особых эффектов, связанных с ярким выделением специфических частотных полос, такая эквализация называется художественной. Например, убрав с помощью эквалайзера все низкие и высокие частоты и оставив только средний диапазон, можно получить эффект «старого радиоприемника». Практически все диджеи во время сетов активно пользуются эквалайзерами на микшерных пультах, опять же для создания определенных эффектов.

При работе с эквалайзером очень важно понимать, что усиление какой-либо частотной полосы приводит к усилению общего уровня аудио-сигнала, и чрезмерное усиление полос может зачастую привести к перегрузкам в звуковом сигнале. В связи с этим, ослабление частот, которые не требуется усиливать, является более правильным выбором, чем усиление необходимых.

Возможности цифровых эквалайзеров намного шире, чем у аналоговых, так как в них можно моделировать характеристику фильтров при помощи математики, что невозможно сделать в аналоговом приборе. Гибкость цифрового эквалайзера ограничена только программным обеспечением, в цифровых эквалайзерах есть возможность делать очень большую крутизну спада фильтров, и в ряде устройств создавать практически неограниченное количество полос.

Тема 10. Многополосный компрессор

При помощи многополосного компрессора можно кардинально изменить АЧХ звукового тракта – ослабить или наоборот, усилить те или иные области частотного диапазона.

Основное различие между компрессорами и многополосными компрессорами заключается в том, что стандартные компрессоры воздействуют на весь трек, на весь частотный спектр. Это может быть очень полезно для общей динамической настройки, но также может зажимать частоты, которые не обязательно требуют обработки. По сути, традиционный компрессор – это однополосный компрессор.

В отличие от него, **многополосный компрессор нацелен на определенный диапазон частот** с отдельными полосами частот, которые можно настраивать по отдельности. Эти частотные полосы могут быть настроены по форме, глубине и т. д., и все полосы действуют как отдельные компрессоры. Обычная компрессия не всегда может предложить такую гибкость, поэтому имеет смысл инвестировать в плагины для многополосных компрессоров, чтобы иметь возможность сжимать определенные диапазоны частот.

Частотные диапазоны. Это определяющие части многополосного компрессора. Отдельные частотные полосы создают отдельные компрессоры в рамках одного многополосного компрессора. Различные варианты плагинов многополосных компрессоров имеют разное количество частотных полос.

Полосы обычно имеют регулируемые нижний и верхний диапазоны, так что вы можете настроить расположение обработки. Некоторые многополосные компрессоры позволяют настраивать отдельные полосы с помощью щелчков и перетаскивания, хотя в большинстве случаев вы будете регулировать отдельные частотные полосы с помощью стандартных инструментов компрессии – атаки, отпускания и порога.

Анализатор спектра. Хотя не все многополосные компрессоры оснащены анализатором полного спектра, вполне логично, что многие из них имеют его, поскольку многополосная компрессия работает, нацеливаясь на отдельные участки частотного спектра. Это позволяет легко увидеть, как компрессия влияет на каждый из различных частотных диапазонов в реальном времени по отношению друг к другу и контексту остального микса.

Атака. Атака обычного компрессора и многополосной компрессии определяет, насколько быстро компрессор сжимает аудиосигнал.

Релиз. Релиз определяет, как долго обычный или многополосный компрессор обрабатывает сигнал перед тем, как «выпустить» его. Более медленное высвобождение обеспечивает более стабильное ощущение сжатия, в то время как быстрое высвобождение может создать более динамичный эффект.

Порог. Порог или потолок компрессора определяет точку, в которой компрессор сжимает трек. Все, что выше порога компрессора, будет сжато. Поэтому более низкий порог приведет к сжатию большей части сигнала.

Соотношение. Коэффициент означает степень сжатия. При более сильном коэффициенте сжатие будет более сильным, а при меньшем – более тонким.

Колено. Не все плагины многополосной компрессии имеют эту функцию, но колено – это, по сути, наклон вашей компрессии. Мягкое колено создаст бо-

лее постепенную форму обработки, в то время как жесткое колено будет точным и быстрым.

Усиление выходного сигнала. Усиление сигнала можно настроить, чтобы вернуть амплитуду после сжатия дорожки. Вы можете применить усиление макиджа, если вам кажется, что обработанный сигнал теряет необходимую громкость.

Измеритель уменьшения усиления. Измеритель уменьшения усиления показывает, насколько сильно уменьшается амплитуда пиков при сжатии. Он также показывает, насколько интенсивно работает компрессор. Чем больше уменьшение усиления, тем больше степень сжатия.

Точки пересечения. Кроссфейды. Это уникальное свойство многополосного компрессора. Точка кроссовера определяет, в какой точке заканчивается и начинается определенный частотный диапазон. Правильная настройка точки кроссовера – ключевой момент, позволяющий воздействовать только на проблемные частоты, а не на весь канал.

Многополосное сжатие по сравнению со стандартным сжатием. В чем же разница между многополосной и стандартной компрессией? Вообще говоря, многополосную компрессию следует использовать, когда вам нужно более четко контролировать частотный диапазон. Обычные компрессоры можно использовать, когда трек нуждается в более широком сжатии по всему диапазону.

Например, для отдельной вокальной дорожки лучше всего использовать обычную компрессию, поскольку ваша цель – воздействовать на всю дорожку. Однако компрессия всей вокальной группы – это совершенно другая история. **Ведущий вокал, бэк-вокал и гармония – все они имеют совершенно разные потребности в компрессии в разных частотных диапазонах.**

Вы можете использовать многополосный компрессор при сведении вокала, чтобы удовлетворить потребности этих отдельных частот, разделив их на низкие, средние, верхние и высокие. Даже если у вас всего две полосы, большое разделение может иметь большое значение.

Одним словом, компрессия отлично подходит для случаев, когда вам нужно быстрое, обобщенное решение, чтобы помочь звуку звучать стабильно во всем диапазоне. **Многополосная компрессия необходима, когда требуется более точное воспроизведение всего частотного диапазона.**

Преимущества многополосной компрессии. Использование многополосной компрессии дает свободу в исследовании новых звуковых возможностей, поскольку вы можете сжимать часть частот трека, сохраняя при этом исходную энергию. Многополосная компрессия обеспечивает бесконечную гибкость для создания уникальных миксов. Многополосная компрессия может быть использована таким образом, чтобы учесть другие частоты, занятые в песне. Поскольку вы можете сжимать что-то в контексте других инструментов, многополосная компрессия может помочь вам добиться более сбалансированного микса, поскольку по своей природе она предлагает больше контроля.

Многополосный компрессор – отличный инструмент визуализации. Не все многополосные компрессоры оснащены встроенным спектральным анализатором или функцией просмотра частотного спектра. Однако во многих из них он есть, что может быть полезно для музыкантов, чтобы правильно представить, что именно происходит с их звуком в определенном диапазоне частотного спектра. В этом смысле многополосный компрессор даже полезен для новичков в музыке, поскольку понять, что именно делает компрессор, бывает достаточно сложно.

Хотя многополосная компрессия, безусловно, формирует частоты и тональность микса, иногда эквалайзер является более эффективным инструментом. Если использовать многополосный компрессор для устранения проблемных частот в определенный момент песни, необходимо найти время попробовать эквалайзер и посмотреть, что лучше подойдет для сценария. Эти инструменты не являются взаимозаменяемыми.

Дополнительная гибкость. Необходимо выбирать многополосную компрессию, когда вам нужна дополнительная гибкость или даже когда это не вызывает неудобств. Многополосная компрессия работает, предоставляя вам как

минимум низкую, среднюю и высокую полосы, чтобы вы могли приспособить компрессию к потребностям конкретного входного образца.

Тонкие изменения. Поскольку многополосная компрессия нацелена только на определенное количество частот, вы можете использовать многополосную компрессию для внесения тонких изменений там, где традиционный компрессор этого сделать не может. Таким образом, многополосный компрессор может стать идеальным вариантом для дальнейшего использования в цепочке эффектов. Например, обрабатывать звучание пианино, а эквалайзер, традиционный компрессор и малейшая доля реверберации создают небольшой бум, который отнимает энергию у ударного барабана в композиции.

Используя многополосную компрессию, можно взять низкую полосу и настроить ее так, чтобы ударная установка звучала правильно в этом диапазоне. Таким образом, нет необходимости сжимать другие частоты, которые не нуждаются в изменении.

Конечно, вы можете использовать обычный эквалайзер, чтобы убрать часть низких частот, но многополосный компрессор дает вам лучшее из двух миров, позволяя сохранить эти иногда важные частоты и просто приглушить их, когда это необходимо, чтобы все части звучали хорошо в контексте друг с другом.

Частоты кроссовера. Одно из главных преимуществ использования многополосных компрессоров – смягчение кроссоверных частот. Например, бас и ударная часто имеют один и тот же частотный диапазон в области низких частот, которые, как известно, трудно очистить. Вам может понадобиться сильно сжимать басовую партию, когда вступает ударная, чтобы освободить место для этого низкочастотного барабана.

Имеет смысл использовать многополосный компрессор, поскольку если вы не нацелены на определенный частотный диапазон на низком конце спектра, вы будете чрезмерно сжимать весь звуковой спектр. Заботиться об одной частоте кроссовера может быть сложно, но использование многополосной компрессии позволяет легко нацелиться на низкие частоты.

Используйте многополосный компрессор в качестве эквалайзера без усиления. Допустим, вам нужно сжать динамику частотного диапазона, чтобы освободить больше места в остальной части мастера. В этом случае не используйте усиление! Ваш многополосный компрессор может действовать как эквалайзер, формируя тон определенных частотных диапазонов без добавления дополнительной динамической информации.

Раздел 5. Специальные звуковые эффекты

Приборы обработки звука спецэффектами широко применяются для обогащения звучания вокала, а также всех электромузыкальных инструментов – клавишных синтезаторов, адаптированных акустических гитар и электрогитар.

Тема 11. Приборы для изменения гармонических характеристик сигнала

Дисторшн (англ. *distortion* – *искажение*) – эффект, искажающий звук. Также этот эффект очень часто называют *overdrive* или *fuzz*. Под искажением имеется в виду искажение формы звуковой волны.

Эффект «дисторшн» очень часто применяется к электрогитаре, бас-гитаре и к другим усиливаемым инструментам, таким как Хаммонд орган, синтезаторы и даже губная гармоника и вокал. Эффект создается с помощью электронного сжатия и/или с помощью клиппирования входного сигнала, этот эффект добавляет сустейн, дополнительные гармоники и обертоны, создавая богатый звук. Самые тонкие типы искажений добавляют к оригинальному звуку «тепла» и толщины; более радикальные типы искажений добавляют шумность, «злость», «жир» или изменяют тембр до неузнаваемости. Искажения используются в широком спектре музыкальных жанров, от тонкого овердрайва, используемого в традиционном блюзе, до бескомпромиссного искажения в стилях панк-хардкор, индастриал, гранж и металл.

Эффект «дисторшн» может быть получен разными способами: с помощью педальных эффектов, усилителей, предусилителей, динамиков или с помощью цифровых программ, моделирующих устройство усилителей. Многие музыканты используют их комбинацию для получения своего неповторимого тембра.

Буквально слово «искажение» (**distortion**) относится к любому сигналу, отклоняющемуся от нормы на выходе электронной схемы (от первоначального входящего сигнала). Если речь идет об усилении музыкальных инструментов, то это относится к различным формам клиппирования, что усекает (обрубает) части входного сигнала, превышающие определенный предел напряжения. Поскольку лампы, и транзисторы в пределах определенной области напряжения ведут себя линейно, схемы искажителей настроены так, что средние пики сигнала едва доходят до порога, в результате чего происходит мягкое клиппирование и менее суровые искажения. Поэтому если играть на гитаре громче, количество искажений увеличивается; и наоборот.

Ламповый дисторшн. До широкого внедрения транзисторов усилители и искажители традиционно делали на основе вакуумных ламп. Они имеют максимальное входное напряжение, выше которого начинается изменение усиленного сигнала, а также минимальное, при котором сигнал также изменяется. Когда какая-либо часть входного сигнала подходит к этому пределу, усиление сигнала лампами становится менее линейным таким образом, что части сигнала имеющие меньшее напряжение усиливаются больше чем те, которые имели большее напряжение. Это вызывает сжатие пиков выходного сигнала, в результате чего сигнал выглядит «сплюснутым». Такой эффект называется «мягким клиппированием», это также генерирует новые гармоники, которые добавляют «тепла» и обогащают тембр инструмента. Если лампа усиливает звук еще сильнее, сжатие становится более экстремальным и пики сигналов обрезаются. Это добавляет дополнительные гармоники нечетного порядка, создавая «грязный» или «рыхлый» тембр.

Ламповые искажители обычно называют «Overdrive», искажение достигается путем перегрузки ламп в усилителе или с помощью специальных устройств. При усилении/клиппировании сигнала может использоваться несколько каскадов ламп, это создает более «толстое» и сложное искажение звука. В некоторых современных ламповых эффектах, «dirty» или «gritty» тембр на самом деле достигается не за счет высокого напряжения, а с помощью запуска в цепь напряжения которое слишком низко для компонентов схемы, в результате чего возникает большая нелинейность и искажения. Эти схемы называют «starvedplate», в результате «смерти» амплитуды звука.

Транзисторный дисторшн. Ламповый овердрайв является формой мягкого клиппирования, в то время как транзисторное клиппирование или чрезвычайно перегруженные лампы напоминают жесткое клиппирование.

Транзисторы ведут себя гораздо более линейно и таким образом точнее усиливают сигнал, пока входное напряжение не выходит за пределы рабочей области. При превышении предела сигнал будет клиппировать без сжатия, это известно как «жесткое клиппирование», или «жесткое лимитирование». Этот тип искажения производит больше нечетных гармоник. В электронном виде это обычно достигается либо усилением сигнала в точке, где он должен быть клиппирован, либо клиппирование происходит на диодах. Многие устройства искажений подражают звучанию перегруженных вакуумных ламп.

Педальные overdrive/distortion. Вследствие того, что они часто предназначены для работы с низким напряжением, таким как 9-вольтовой батареей, перегрузка и искажения достигаются с помощью использования транзисторов. Классические примеры Ibanez Tube Screamer и Electro-Harmonix Big Muff. Некоторые современные педальные эффекты используют лампы, обычно они также работают при напряжениях, которые находятся ниже линейного поведения ламп, в результате чего получаются резкие и buzzy искажения. Обычно педальные дисторшны усиливают сигнал, который может быть использован для входного каскада предусилителя, что приводит к дальнейшему искажению и в некоторых случаях к увеличению уровня.

Искажения предусилителя. Гитарный предусилитель служит для усиления слабого сигнала инструмента до того уровня который может управляться усилителем мощности. Предусилитель часто содержит схемы формирования тембра инструмента, в этом числе эквалайзер и параметр усиления уровня (gain). Для получения искажений часто используется несколько каскадных этапов усиления/клиппирования. Поскольку первый компонент в ламповом усилителе – это лампы, выходной уровень предыдущих элементов сигнальной цепи имеет сильное влияние на искажения, созданные на этапе усилителя.

В промежутке 1980–1990 гг. многие усилители имели ручку «mastervolume», которая, по существу, была аттенюатором между секциями предусилителя и усилителя, что позволяло удобно получать искажения высокого уровня в секции предусилителя гитарного усилителя, не нагружая лампы усилителя и получая приемлемый уровень на выходе. Однако это также приводит к тому, что лампы усилителя работают в пределах линейной области усиления, что уменьшает искажения, добавляемые к выходному сигналу.

Искажения усилителя. Лампы усилителя могут быть перегружены, так же как в предусилителе; и потому как эти лампы предназначены для создания большей силы звука, искажения и характер, которые они добавляют к тембру гитары, являются уникальными. В 1960-х и до начала 1970-х искажения создавались в первую очередь с помощью перегрузки ламп усилителя. Потому как многие музыканты уже привыкли к звукам, получаемым этим способом, многие гитаристы используют именно этот тип искажений, устанавливая свой усилитель на максимальную мощность, чтобы получить «тяжелый» звук.

Поскольку лампам усилителя необходим максимальный перегруз, в результате этого усилитель работает на полную мощность; это создает трудности при игре в малых помещениях или при репетициях, поэтому появилось несколько решений, как уменьшить громкость динамиков, позволяя игроку создавать искажения с помощью чрезмерной нагрузки на усилитель. Это решается включением встроенных или отдельных аттенюаторов и ослаблением питания,

а также использование ламп с низким энергопотреблением (например, 0,25 ватт или меньше).

Искажения выходного трансформатора. Выходной трансформатор находится между лампами усилителя и динамиками, он служит для подачи соответствующего сопротивления и напряжения. Когда ферромагнитный сердечник трансформатора становится электромагнитно насыщенным, это приводит к асимметричному клиппированию, добавляя дополнительные искажения четного порядка до динамиков.

«Провисание» мощности питания. Ранние ламповые усилители часто использовали нерегулируемое питание. Это было связано с высокой стоимостью высококачественных, высоковольтных источников питания. Когда ламповый усилитель производил сильное усиление, напряжение питания падало, снижая мощность, что вызывало ослабление сигнала и сжатие. Этот падающий эффект известен как «провисание», его стремятся получить некоторые электрогитаристы. Провисание происходит только в усилителях класса АВ. В усилителях класса А, ток постоянный, поэтому провисания не происходит.

Так как этот эффект более выражен с более сильными входными сигналами, то он будет иметь различное влияние на различные участки звука. Чем громче звук, тем сильнее будет сжата нота (начальная атака ноты), чем ниже сила звука, тем сжатие меньше (продолжительность ноты), делая основной уровень ноты громче и повышая таким образом ее длительность. Кроме того, поскольку уровень сжатия зависит от уровня входного сигнала, игрок может управлять силой сжатия через интенсивность игры: более сильная игра приводит к большему сжатию или «провисанию».

Эмуляция искажений усилителей. Программное обеспечение способно моделировать и воспроизводить искажения многих гитарных усилителей, которые связаны с целым рядом популярных «StompBox» педалей и усилителей. Для воссоздания звука подключенных аналоговых педалей и ламповых усилителей, устройства моделирования обычно используют цифровую обработку сигнала. Наиболее сложные устройства позволяют настроить имитацию раз-

личных предусилителей, силовых ламп, динамиков, коробок динамиков, а также комбинации микрофонов.

Моделирование усилителей и искажений может быть достигнуто с помощью различных методов: с помощью компьютерных приложений работающих в реальном времени: оборудования, такого как малые педали, большие педали, рэк стоек, напольных процессоров, гибридных ламповых усилителей, которые используют аналоговые и цифровые технологии. Звук создаваемый устройствами моделирования высокого класса может быть очень убедительным, поэтому эти процессоры широко используются при живых выступлениях, т. к. их использование уменьшает количество тяжелых, винтажных усилителей при транспортировке. Некоторые небольшие, независимые студии звукозаписи также используют программное обеспечение или процессоры для моделирования устройств, поскольку они позволяют получать классические тембры, без покупки или аренды дорогого марочного оборудования. Цифровые моделирующие устройства не могут воссоздать все тонкие аспекты винтажного звука ламповых овердрайвов, вследствие того что этот звук является результатом целого ряда нелинейных и случайных факторов, начиная от «тепла» вакуумных ламп, с учетом их возраста и состояния динамиков. Поэтому профессиональные музыканты, как правило, используют для записи реальные марочные ламповые усилители, потому как записанный звук будет выдерживать более тщательную проверку от слушателей и критиков.

Фузз (англ. *fuzzbox или fuzz*) – это один из видов педальных эффектов, состоящий из усилителя и схемы клиппирования, которая создает искаженную версию входного сигнала. Фузз часто реализуется с помощью подачи сигнала слишком высокого уровня на вход транзисторного устройства, которое жестко ограничивает и потому сильно искажает сигнал. В отличие от других искажающих гитарных эффектов, фузз повышает и клиппирует сигнал достаточно сильно, таким образом, входящий синусоидальный сигнал на выходе будет иметь почти прямоугольную форму, это соответствует классическому тембру фузза. Он создает значительно большие искажения и придает синтетическое

звучание инструменту, в отличие от стандартных дисторшнов или овердрайвов. Звуки фузза, как правило, имеют более низкие средние частоты, в отличие от других видов искажателей.

Потому как клиппирование является нелинейным процессом, будет происходить интермодуляция, что приводит к генерации дополнительных гармоник на входе. Интермодуляционные искажения также производят различное количество частотных компонентов, эти компоненты не будут гармонично связаны с входным сигналом, что приводит к диссонансу. Для уменьшения нежелательных диссонансов при включении фузза, часто используются простые аккорды (root, квинты и октавы), а не трезвучия (root, third и квинты) или септаккорды (root, third, fifth, and seventh).

Типы фуззов. Ранее в фуззах использовались германиевые транзисторы, но к концу 1960-х годов они были заменены на кремниевые. Кремниевые транзисторы желательны по ряду причин, большинство из которых имеет мало общего с тембровыми качествами фуззов. Тембр германиевых транзисторов в целом рассматривается как лучший или, по крайней мере, более верный, в соответствии с оригинальной концепцией и устройством фузза. Тем не менее по причине того, что кремниевые приборы, как правило, меньше страдают от изменения температуры, они обеспечивают более надежную работу, чем германиевые. Теплые условия (например, тепло прожекторов или солнечного света при уличных выступлениях) могут отрицательно повлиять на тембр, создаваемый германиевыми фуззами. Кроме того, фуззы, которые используют германиевые транзисторы, работают не очень хорошо, когда помещаются после других педальных эффектов, использующих «буферный обход». В 2000-х многие магазины гитарных эффектов стали предлагать фузз педали с германиевыми транзисторами для получения «ретро» звука. Кроме того, некоторые устройства используют как кремниевые, так и германиевые транзисторы.

Вэйвшейпер (англ. *Waveshaper* – волноформирователь) – в электронной музыке это формирование волны является одним из видов искажений, с помощью которого, в результате изменения формы сигнала, из простых звуков по-

лучаются сложные. Эффект является амплитудно-зависимыми, в результате чего искажения проявляются по-разному при разных уровнях сигнала.

Использование. Вэйвшейперы главным образом используются в электронной музыке для достижения резких, «режущих» звуков, но вэйвшейперы также способны создавать незаметные «утепляющие» искажения. Этот эффект наиболее часто используется для изменения синтезированных звуков, влияя на формы волн. Рок-музыканты также могут использовать вэйвшейпер для получения тяжелых искажений гитары или баса. Некоторые синтезаторы или виртуальные программные инструменты имеют встроенные вэйвшейперы. Эффект может придать тембру инструмента шумности или создать эффект перегрузки.

При цифровом моделировании аналогового оборудования, такого как ламповые усилители, вэйвшейпер используется для создания статических или нелинейных искажений, приближенных к передаточной характеристике вакуумных ламп или диодных лимитеров.

Вэйвшейпер позволяет реализовать такие эффекты, как дисторшн, овердрайв, фузз, биткрашер.

Биткрашер (англ. *bitcrusher* – *битразрушитель*) – цифровой эффект, который производит искажение путем снижения разрешения (битности) или пропускной способности (частоты дискретизации) цифровых аудиоданных. В результате полученные шума квантования могут привести к «утеплению» или к «огрублению» звука, в зависимости от уровня изменений.

Если сократить число бит используемых для хранения данных, то число возможных значений уменьшится, и таким образом уменьшится разрешение сигнала, что приведет к его искажению. Например, стандартный CD-диск имеет разрешение 16 бит, таким образом, есть 65 536 возможных значений для любой части сигнала. Если разрешение уменьшить до 8 бит, то можно заметить искажения, полученные в результате снижения качества. Эти искажения добавляют обертона таким образом, что форма волны становится угловатой. Это может привести к «утеплению» звука в сравнении с оригинальным, особенно если

сигнал округляется (округляются числа) определенным образом. Часто этот эффект специально используется в техно и электронной музыке.

Использование. С помощью биткрашера можно придать звуку определенные характеристики, главное использовать его аккуратно, чтобы не испортить звучание инструмента. Данный эффект часто применяют к малому барабану, получая интересный характер щелчка при подмешивании сильно искаженной копии, или «песка» при несильном искажении всего сигнала.

Также этот эффект используется для имитации старых драм-машин с плохим качеством звука.

Сатурация (англ. *Saturation* – *насыщение*) – это эффект насыщения сигнала нечетными гармониками, происходящей за счет «скругления» пиков фонограммы (надо сказать, что сатурация не создает сами гармоники, а воздействует на форму сигнала; гармоники являются следствием этого воздействия, и появляются, грубо говоря, только для самых громких звуков). Эффект получается при использовании лампового оборудования или специального программного обеспечения (эксайтера, сатуратора), он особо заметен при оказании сигналом большой нагрузки на оборудование (чем больше нагрузка на лампы, тем сильнее обогащение гармониками; при очень большой нагрузке наблюдается эффект, аналогичный клиппированию). Данный эффект характерен для ламповых усилителей. Умеренное присутствие способствует улучшению восприятия звука, и часто применяется при мастеринге. Психоакустическое воздействие сатурации можно описать как «теплее», «больше», «ближе», «ярче».

Эксайтер (англ. *Exciter*), также называемый «гармоническим возбудителем» или «энхансером» – это устройство обработки, используемое для гармонического синтеза (как правило) высокочастотных сигналов, с помощью добавления тонких гармонических искажений.

Гармонический синтез включает в себя создание высших гармоник от основных (более низких) частот сигнала. Обычно шум присутствует в различных частотных полосах в различных количествах, и гармоники, полученные от чистой полосы частот, будут более четкими. Эксайтеры также используются для

синтеза низкочастотных гармоник, в целях имитации глубокого баса на динамиках, неспособных их производить. Изначально эксайтеры изготавливались на основе ламп, в настоящее же время они существуют в виде цифровых процессоров, часто пытающихся подражать аналоговым моделям.

Звук, обработанный эксайтером, становится более прозрачным, чем оригинал, а также пространственно более локализованным. Субъективно это похоже на добавление высоких частот, хотя повышение уровня едва измеримо. Слишком сильная обработка эксайтером значительно ухудшает звучание, придавая неестественности, искажений и раздражает слух.

Отличие от эквалайзера. Эквалайзер не добавляет в звук никаких гармоник, он может усилить или ослабить существующие частоты. Если эквалайзер используется для подчеркивания характерных обертонов музыкального инструмента, то он усиливает определенную частотную область. Если же требуемых частот изначально мало, то эквализация не даст желаемого эффекта либо вместе со слабым сигналом вытащит все нежелательные шумы.

В отличие от эквалайзера эксайтер сам достраивает высшие гармоники, отталкиваясь от огибающих основных тонов. То есть происходит не усиление требуемых частот, а логичное добавление новых обертонов.

Использование. Тонкая обработка эксайтером, при его грамотном применении, дает ощущение прозрачности и повышение разборчивости звучания. Хотя непонимание процесса эксайтирования может привести к довольно плачевным результатам. Например, эксайтером нет смысла обрабатывать орган или медные духовые инструменты, которые характеризуются очень узкими спектральными интервалами основных тонов. Эксайтирование инструмента, по своей природе не имеющего обертонов, может вызвать весьма неожиданный и чаще всего неприятный эффект.

В отличие от традиционных эквалайзеров, при использовании эксайтера меньше вероятность добавления шума и шипения, которые делают звук менее ясным, особенно это касается магнитофонных записей аналоговой ленты, которые потеряли свою «искристость» из-за частого наложения.

Важные замечания тезисно.

1. Эксайтеры также используются для восстановления старых записей, добавляя потерянный спектральный состав.
2. Эксайтеры существуют в виде педальных эффектов, специально предназначенных для электрогитары, баса или электронных клавишных.
3. Эксайтеры очень часто применяются при мастеринге.

Энхансер (*Enchancer*) – это экспандер высокочастотной области сигнала. Прибор представляет из себя последовательно включенные в цепь фильтры высоких частот и экспандер. Громкие участки высокочастотной области сигнала усиливаются, а тихие, наоборот, ослабляются. На выходе полученный сигнал смешивается с исходным в некоторой пропорции.

Тема 12. Модуляционные эффекты

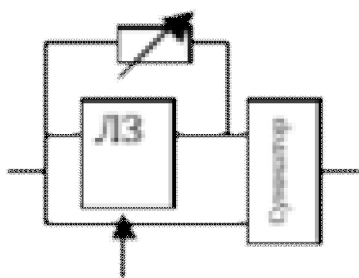
Звуковой эффект (*Tremolo*) «тремоло». Трémоло в переводе с итальянского означает «дрожжащий». Это прием игры на струнных, клавишных, смычковых и духовых музыкальных инструментах, при котором делается быстрое повторение одного звука либо быстрое чередование двух несоседних звуков, двух созвучий (интервалов, аккордов), отдельного звука и созвучия. На смычковых инструментах преимущественно применяется тремоло на одной ноте, происходящее от быстрого движения смычка вверх и вниз. Тремоло из двух чередующихся нот называется тремоло-легато. Тремоло является основным приемом игры на мандолине, домре и балалайке. На слух этот эффект воспринимается как дрожание звука.

В электронной музыке тремоло рассматривается как частный случай амплитудного вибрато и имитируется с помощью амплитудной модуляции. В отличие от вибрато, у тремоло относительно высокая частота вибрации (10...12 Гц).

Звуковой эффект «фленджер». Этот эффект (англ. *Flanger*) является чисто техническим приемом изменения музыкального звука. Он реализуется на основе использования временной задержки. Для создания эффекта «фленджер» звуковой сигнал суммируется с его копиями, задержанными на время 5...15 мс.

Время задержки должно существенно превышать период звукового сигнала, поэтому этот эффект применяется на частотах выше 200...600 Гц. Копии звукового сигнала могут быть частотно- или фазомодулированными, что делает время задержки изменяющимся во времени. В результате получается плавающий звук с биениями (модуляцией) частот. Этот эффект может восприниматься как размазывание звука, характерное для хорового пения. При определенном соотношении задержек, частоты и глубины модуляции возможно получение эффекта, напоминающего восприятие гудка проезжающего мимо слушателя паровоза. Это и есть физическое проявление эффекта Доплера, связанного с изменением высоты звучания движущегося объекта. Звуковой эффект «фленжер» применяется для обработки любого музыкального инструмента или голоса.

Звуковой эффект «фэйзер» (англ. Fazer).



Устройство состоит из линии задержки (ЛЗ) и сумматора, где смешиваются прямой и задержанный сигналы. Время задержки составляет от 0 до 10 мс. На ЛЗ подается управляющий сигнал. Уровень и форма волны управляющего сигнала определяют время задержки и характер задержанного сигнала (время задержки меняется в зависимости от управляющего сигнала). Управляющий сигнал может быть синусоидальной, прямоугольной или пилообразной формы. При изменении времени задержки от максимального значения до минимального происходит сжатие звуковой волны, при движении обратно – растяжение.

Само название устройства говорит о характере изменений звука. Суммирование прямого и задержанного сигнала приведет к увеличению амплитуды практически по всему спектру. Однако, всегда будет частота, на которой временной сдвиг приведет к попаданию сигналов в противофазу.

Для инструмента с основным тоном 300 Гц задержка сигнала на 3,3 мс приведет к вычитанию второй гармоники (600 Гц) и всех ее нечетных гармоник из общего спектра смешанного в сумматоре сигнала. Возникает гребенчатый фильтр, который перемещается по спектру в зависимости от амплитуды управляющего сигнала.

Если предположить, что время задержки плавно меняется от 1 мс до 5 мс, то базовая частота на которой происходит взаимное вычитание будет меняться от 500 Гц до 100 Гц.

В итоге получается сигнал, в котором звуковые волны как бы «плывут» с разными скоростями. Сигналы складываются то в фазе с образованием максимума огибающей звуковых колебаний, то в противофазе с образованием минимума огибающей.

На слух этот эффект воспринимается как плавное изменение тембра инструмента. Глубина обратной связи обеспечивает глубину спектральных изменений.

Звуковой эффект (англ. Chorus) «хорус». Хорус – это музыкальный эффект одновременного звучания слегка отличающихся по частоте нескольких звуков. Основой этого эффекта является звучание двух звуков в унисон. Такое звучание возникает, когда оба звука попадают в одну критическую полосу слуха и частотный интервал между ними меньше 0,1 ширины критической полосы. Хорус проявляется как эффект исполнения одного и того же звука или всей партии не одним-единственным инструментом или певцом, а несколькими. Хоровое пение или одновременное звучание нескольких музыкальных инструментов украшает и оживляет музыкальное произведение. С одной стороны, голоса певцов и звуки инструментов при исполнении одинаковой ноты должны звучать одинаково, и к этому стремятся и музыканты, и дирижер. Но из-за индивидуальных различий источников звук все равно получается разным. В пространстве, тракте звукоусиления и в слуховом аппарате человека эти слегка неодинаковые колебания взаимодействуют, образуют биения. Спектр звука обогащается и, самое главное, звук течет, переливается.

В основе сочного и живого звучания 12-струнной гитары, аккордеона, баяна, гармонии лежит унисон. В аккордеоне, например, звук каждой ноты генерируется узлом, содержащим два источника колебаний (язычка), специально настроенных в разлив – с небольшой (в единицы герц) разницей в частотах. В 12-струнной гитаре звук извлекается одновременно из пары струн. Разница в частотах образуется и естественным путем из-за невозможности идеально одинаково настроить струны инструмента.

В цифровых электромузыкальных инструментах частоты генераторов могут быть абсолютно равны. В таком звучании отсутствует жизнь, потому что оно слишком правильное. Для оживления электронного звучания и для создания впечатления игры нескольких инструментов используют **искусственный хорус**. Существует множество разновидностей алгоритмов хоруса. Но все они имеют общие черты: исходный сигнал разделяется на два или несколько каналов; в каждом из каналов спектр сигнала сдвигают по частоте на доли герца; сигналы, полученные таким способом, складывают. Увеличение число голосов и инструментов достигается путем создания в каналах последовательности задержанных копий входного сигнала, медленно затухающих, которые подвергаются слабой частотной модуляции с частотой от 0,1 до 5 Гц.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Практические задания

1. Произвести коммутацию каналов пульта для процесса записи.
2. Изменить АЧХ сигналов при помощи эквалайзера пульта.
3. Подключить внешние звуковые эффекты к микшеру.
4. Вывести сигналы с звуковой карты на каналы микшера.
5. Создать динамический баланс при помощи фэйдеров пульта.
6. Применить реверберацию к сольному вокалу.
7. Применить задержку (дилэй) к сольному вокалу.
8. Применить реверберацию к музыкальному инструменту.
9. Применить задержку (дилэй) к музыкальному инструменту.
10. Изменить АЧХ вокала при помощи эквалайзера DAW.
11. Изменить АЧХ инструмента при помощи эквалайзера DAW.
12. Применить многополосный компрессор на мастер-шине DAW.
13. Обработать компрессором вокальную дорожку.
14. Обработать компрессором инструментальную дорожку.
15. Применить лимитер на мастер-шине пульта.
16. Применить компрессор на мастер-шине пульта.
17. Применить лимитер на мастер-шине DAW.
18. Применить компрессор на мастер-шине DAW.
19. Применить клиппер на мастер-шине DAW.
20. Применить эффект сатурации к вокальной дорожке.
21. Применить эффект «дисторшн» к гитарной дорожке.
22. Обработать вокальную дорожку эффектом «хорус».
23. Обработать гитарную дорожку эффектом «флэнжер».
24. Обработать гитарную дорожку эффектом «фэйзер».
25. Применить сатуратор к мастер-шине DAW.

3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1. Темы для управляемой самостоятельной работы студентов

1. Микшерные пульта.
2. Приборы пространственной обработки.
3. Ревербератор.
4. Дилэй.
5. Приборы динамической обработки.
6. Компрессор.
7. Лимитер.
8. Экспандер.
9. Гейт.
10. Приборы изменения АЧХ сигналов.
11. Эквалайзер.
12. Многополосный компрессор.
13. Приборы гармонической обработки.
14. Специальные звуковые эффекты.
15. Хорус, флэнжер, фэйзер.

3.2. Формы и средства диагностики

В рамках учебного процесса по учебной дисциплине «Приборы обработки звука» проводится как промежуточная, так и итоговая диагностика академической успеваемости студентов. К формам промежуточной диагностики причисляются:

- проверка домашнего практического задания;

– контрольный урок.

Форма итоговой диагностики успеваемости студентов – зачет.

К числу рекомендуемых средств диагностики успеваемости студентов по учебной дисциплине «Музыкальная акустика» относятся:

- беседа, дискуссия;
- опрос (устный, письменный);
- практическое задание;
- слуховой анализ.

3.3. Перечень вопросов к экзамену

1. Назначение микшерных пультов.
2. Виды микшерных пультов.
3. Аналоговые консоли.
4. Цифровые консоли.
5. Основные параметры микшеров.
6. Применение пультов в студиях и на концертах.
7. Принцип реверберации звука.
8. Свойства и назначение пространственных обработок.
9. Устройства искусственной реверберации.
10. Основные параметры ревербераторов.
11. Программные эмуляторы реверберации.
12. Использование приборов реверберации.
13. Понятие процессов задержки звуковых сигналов.
14. Аппаратные и цифровые приборы задержки.
15. Устройство и основные параметры дилэев.
16. Программные эмуляторы дилэев.
17. Понятие динамического диапазона сигнала.
18. Принцип работы компрессора.
19. Параметры компрессора.

20. Типы компрессоров.
21. Использование компрессоров на практике.
22. Принцип работы и назначение лимитера.
23. Основные параметры лимитера.
24. Использование лимитера на практике.
25. Принцип работы и назначение максимайзера.
26. Использование максимайзеров на практике.
27. Принцип работы и назначение клиппера.
28. Использование клиппера на практике.
29. Принцип работы и назначение экспандера.
30. Принцип работы и назначение нойзгейта.
31. Основные параметры нойзгейта.
32. Назначение и принцип работы диэссера.
33. Назначение и принцип работы эквалайзера.
34. Типы эквалайзеров.
35. Основные параметры управления графическим эквалайзером.
36. Основные параметры управления параметрическим эквалайзером.
37. Использование эквалайзеров в практической работе.
38. Понятие эффекта «сатурации» звукового сигнала.
39. Принцип работы и основные параметры эффекта «Дисторшн».
40. Особенности звучания ламповых и транзисторных гитарных эффектов.
41. Особенности звучания эффекта «Эксайтер».
42. Особенности звучания эффекта «Вэйвшейпер».
43. Особенности звучания эффекта «Биткрашер».
44. Особенности звучания эффекта «Энхэнсер».
45. Особенности звучания эффекта «Тремоло».
46. Особенности звучания эффекта «Флэнжер».
47. Особенности звучания эффекта «Фэйзер».
48. Особенности звучания эффекта «Хорус».

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1. Учебная программа

ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНСТИТУТ СОВРЕМЕННЫХ ЗНАНИЙ ИМЕНИ А.М.ШИРОКОВА»

УТВЕРЖДАЮ
Ректор Института современных зна-
ний имени А.М.Широкова

А.Л.Капилов

18.12.2024

Регистрационный № УД-02-82/уч.

ПРИБОРЫ ОБРАБОТКИ ЗВУКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности
6-05-0215-10 Компьютерная музыка

2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования (ОСВО 6-05-0215-10-2023) по специальности 6-05-0215-10 Компьютерная музыка и учебного плана по специальности

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.Д.Попроцкий, старший преподаватель кафедры художественного творчества и продюсерства Частного учреждения образования «Институт современных знаний имени А.М.Широкова»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.А.Пеня, Заслуженный артист Республики Беларусь;

М.И.Козлович, проректор по учебной и научной работе Частного учреждения образования «Институт современных знаний имени А.М.Широкова», кандидат искусствоведения, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой художественного творчества и продюсерства Частного учреждения образования «Институт современных знаний имени А.М.Широкова»
(протокол № 4 от 28.11.2024);

Научно-методическим советом Частного учреждения образования «Институт современных знаний имени А.М.Широкова»
(протокол № 4 от 18.12.2024)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина «Приборы обработки звука» является составной частью модуля «Основы звукорежиссуры» и выступает одной из специальных учебных дисциплин, необходимых для профессиональной подготовки студентов по специальности 6-05-0215-10 Компьютерная музыка для осуществления творческой деятельности в области сочинения и аранжировки музыкальных композиций.

Учебная дисциплина «Приборы обработки звука» направлена на получение студентами знаний об основных аппаратных и программных приборах, устройствах и звуковых эффектах обработки звука как в студийных, так и в концертных условиях. Такие знания необходимы выпускникам для решения профессиональных задач как в студиях, так и в концертных залах. В результате освоения содержания учебной дисциплины будущие специалисты смогут профессионально использовать в своей работе весь предлагаемый в процессе обучения перечень оборудования обработки звука.

Учебная дисциплина «Приборы обработки звука» преподается в тесной взаимосвязи с такими профильными учебными дисциплинами специальности, как «Композиция», «Звуковысотные системы в компьютерной музыке», «Специализированное компьютерное обеспечение», «Виртуальные музыкальные инструменты», «Компьютерная аранжировка», «Аранжировка и переложение музыкальных произведений».

Учебная дисциплина «Приборы обработки звука» включает теоретические и практические занятия с преподавателем в аудитории (музыкальной студии), самостоятельную форму работы, а также получение будущими аранжировщиками, музыкантами-исполнителями и звукорежиссерами практических навыков вне рамок учебного процесса.

Цель учебной дисциплины – освоение студентами принципов работы широко спектра оборудования обработки звука, выработка навыков использования полученных знаний на практике и в творческой деятельности.

В **задачи** учебной дисциплины входит изучение:

основных систем обработки звука: аналоговых и цифровых пультов;

приборов пространственной обработки;

приборов динамической обработки;

приборов специальных и модуляционных эффектов;

В результате изучения учебной дисциплины студенты должны

знать:

принцип работы всех изучаемых приборов;

методы и алгоритмы обработки сигналов, применяемые в аппаратных и программных устройствах;

технические характеристики основных приборов обработки звука;

уметь:

использовать специфику работы со специальной литературой в области звукорежиссуры, пользоваться профессиональными понятиями и терминологией;

иметь навыки:

профессионального специалиста по использованию в работе приборов обработки звука;

студийного звукорежиссера, умеющего руководить процессом записи и обработки вокала и музыкальных инструментов;

Освоение учебной дисциплины «Приборы обработки звука» обеспечивает формирование следующих специализированных компетенций:

использовать теоретические знания и практические навыки в области звукорежиссуры и продюсирования.

Проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины «Приборы обработки звука» отведено 138 часов:

для очной (дневной) формы получения высшего образования 66 аудиторных часов (30 лекционных и 36 практических) и 72 часа самостоятельной работы студента;

для заочной формы получения высшего образования – 16 аудиторных часа (8 лекционных и 8 практических) и 122 часа самостоятельной работы студента.

Текущая аттестация проводится в форме устного опроса и контроля выполнения практических заданий 1 раз в семестр по темам, определяемым преподавателем.

Промежуточная форма контроля знаний студентов – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Цель и задачи, содержание учебной дисциплины «Приборы обработки звука». Роль и практическая значимость учебной дисциплины в системе профессиональной подготовки специалиста высшей квалификации по специальности 6-05-0215-10 Компьютерная музыка. Взаимосвязь специальной учебной дисциплины с профильными дисциплинами учебного плана модуля «Основы звукорежиссуры»: «Музыкальная акустика», «Основы студийной звукорежиссуры», «Микширование и мастеринг фонограмм», «Основы концертной звукорежиссуры». Учебно-методическое обеспечение учебной дисциплины. Организация самостоятельной работы студентов.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЗВУКА

Тема 2. Микшерные пульты

Назначение микшерных пультов. Основной функционал микшерных пультов. Принцип работы. Виды микшерных пультов. Аналоговые консоли. Цифровые консоли. Основные параметры микшерных пультов. Применение в практической студийной и концертной работе.

РАЗДЕЛ 2. ПРИБОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКА

Тема 3. Ревербератор

Понятие принципа реверберации звука. Свойства и назначение пространственной обработки звука. Устройства искусственной реверберации. Аппаратные и программные ревербераторы. Основные параметры ревербераторов. Использование приборов реверберации звука.

Тема 4. Дилэй

Понятие процессов задержки звуковых сигналов. Аппаратные аналоговые и цифровые приборы задержки сигнала. Устройство и основные параметры дилэев. Программные дилэйи.

РАЗДЕЛ 3. ПРИБОРЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКА

Тема 5. Компрессор

Понятие динамического диапазона звукового сигнала. Принцип работы компрессора. Устройство компрессора. Параметры компрессора. Типы компрессоров. Использование компрессоров на практике.

Тема 6. Лимитер. Максимайзер. Клиппер

Принцип работы и назначение лимитера. Основные параметры лимитера. Использование в работе. Принцип работы и назначение максимайзера, использование на практике. Принцип работы и назначение клиппера, использование в практической работе.

Тема 7. Приборы для уменьшения уровня шумов

Экспандер: принцип работы и основные параметры, назначение и использование на практике.

Нойзгейт: принцип работы и основные параметры, назначение и использование на практике.

Тема 8. Диэссер

Принцип работы и назначение диэсеров. Устройство прибора. Типы диэсеров.

РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ АЧХ (АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ) СИГНАЛОВ

Тема 9. Эквалайзер

Эквалайзер. История и назначение прибора. Типы эквалайзеров: параметрический и графический. Технические характеристики и основные параметры эквалайзеров. Использование эквалайзеров в практической работе.

Тема 10. Многополосный компрессор

Многополосный компрессор как эффективный прибор регулировки АЧХ звукового сигнала. Устройство и основные параметры прибора, использование на практике в качестве динамического эквалайзера (DynamicEQ).

РАЗДЕЛ 5. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗВУКОВЫЕ ЭФФЕКТЫ

Тема 11. Приборы для изменения гармонических характеристик сигнала

Дисторшн: принцип работы и основные параметры. Типы приборов. Особенности звучания ламповых и транзисторных приборов. Виды искажений звукового сигнала. Овердрайв, фузз. Особенности звучания и применение на практике. Вэйвшейпер, биткрашер. Особенности звучания и использование в практической работе. Эксайтер. Особенности эффекта и применение на практике. Энхансер. Особенности звучания и применение на практике.

Тема 12. Модуляционные эффекты

Тремоло. Особенности звучания и применение на практике. Флэнжер. Устройство, особенности звучания и применение в практической работе. Фэйзер. Принцип работы, особенности звучания и применение на практике. Хорус. Принцип работы, особенности звучания и применение в практической работе.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА
для очной (дневной) формы получения высшего образования

Номер темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов СРС	Формы контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение	2					2	
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЗВУКА								
2	Микшерные пульта	12					4	устный опрос
РАЗДЕЛ 2. ПРИБОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ								
3	Ревербератор	10					2	устный опрос
4	Дилэй	6					2	устный опрос
РАЗДЕЛ 3. ПРИБОРЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКА								
5	Компрессоры			8			4	практическое задание
6	Лимитер. Максимайзер. Клиппер			4			4	практическое задание
7	Приборы для уменьшения уровня шумов			4			4	практическое задание
8	Диэссер			2			4	практическое задание
РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ АЧХ СИГНАЛОВ								
9	Эквалайзеры			8			2	практическое задание
10	Многополосный компрессор			4			2	практическое задание
РАЗДЕЛ 5. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗВУКОВЫЕ ЭФФЕКТЫ								

11	Приборы для изменения гармонических характеристик сигнала			4			4	практическое задание
12	Модуляционные эффекты			2			2	практическое задание
	Промежуточная аттестация						36	экзамен
ИТОГО: 138		30		36			72	

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА
для заочной формы получения высшего образования

Номер темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов СРС	Формы контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия	Практические занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение	2						
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЗВУКА								
2	Микшерные пульта	2					8	устный опрос
РАЗДЕЛ 2. ПРИБОРЫ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ								
3	Ревербератор	2					8	устный опрос
4	Дилэй	2					6	
РАЗДЕЛ 3. ПРИБОРЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗВУКА								
5	Компрессоры			2			12	практическое задание
6	Лимитер. Максимайзер. Клиппер						8	
7	Приборы для уменьшения уровня шумов.			2			8	устный опрос
8	Диэссер						6	устный опрос
РАЗДЕЛ 4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ АЧХ СИГНАЛА								
9	Эквалайзеры						8	практическое задание

10	Многополосный компрессор			2			8	практическое задание
	РАЗДЕЛ 5. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗВУКОВЫЕ ЭФФЕКТЫ							
11	Приборы для изменения гармонических характеристик сигнала			2			8	устный опрос
12	Модуляционные эффекты						6	устный опрос
	Промежуточная аттестация						36	экзамен
ИТОГО:138		8		8			122	

ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

№ п/п	Название раздела, темы	Кол- во часов на СРС д/з	Задание	Форма выполнения	Цель или задача СРС
1	Введение в предмет	2/	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить и систематизировать основные теоретические понятия
2	Микшерные пульта	4/8	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
3	Ревербератор	2/8	Проработать справочную и научную литературу по теме, выполнить практическое задание	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
4	Дилэй	2/6	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
5	Компрессоры	4/12	Проработать справочную и научную литературу по теме, выполнить практическое задание	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике

6	Лимитер. Максима́йзер. Клиппер	4/8	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
7	Приборы для уменьшения уровня шумов	4/8	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
8	Диэссер	4/6	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
9	Эквалайзеры	2/8	Проработать справочную и научную литературу по теме, выполнить практическое задание	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
10	Многополосный компрессор	2/8	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
11	Приборы для изменения гармонических характеристик сигнала.	4/8	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике

12	Модуляционные эффекты	2/6	Проработать справочную и научную литературу по теме	Изучение литературы по данной теме	Усвоить, систематизировать знания по данной теме, уметь применять на практике
		36/86			

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов в рамках учебной дисциплины «Приборы обработки звука» включает в себя следующие формы:

- изучение справочной и научной литературы, интернет-ресурсов;
- изучение устройства аппаратных приборов обработки звука;
- прослушивание фонограмм;
- анализ музыкального материала;
- просмотр видеоматериалов;
- подготовка к экзамену.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Основными средствами диагностики результатов учебной деятельности по учебной дисциплине «Приборы обработки звука» являются:

- устный опрос;
- практическое задание.

ПРИМЕРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭКЗАМЕНУ

Для прохождения итоговой аттестации в форме экзамена студенту предлагается подготовить:

- конспекты учебного материала по темам учебной дисциплины;
- знать все основные понятия;
- подготовить практические задания на основе примеров использования приборов обработки звука в процессе записи и микширования музыкальных инструментов и вокала.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ на 20__/20__ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры художественного творчества и продюсерства (протокол № _____ от «____» _____ 20____)

Заведующий кафедрой

_____ (ученая степень, ученое звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ (ученая степень, ученое звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О. Фамилия)

4.2. Основная литература

1. Меерзон, Б. Я. Акустические основы звукорежиссуры : учеб. пособие / Б. Я. Меерзон. – М. : Аспект Пресс, 2004. – 203 с.
2. Пучков, С. В. Музыкальные компьютерные технологии. Современный инструментальный творчества / С. В. Пучков, М. Г. Светлов. – СПб. : ГУП, 2005. – 215 с.
3. Радзишевский, А. В. Компьютерная обработка звука / А. В. Радзишевский. – М. : Нолидж, 2000. – 159 с.
4. Севашко, А. В. Звукорежиссура и запись фонограмм [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. В. Севашко. – М. : ДМК Пресс, 2015. – 432 с.
5. Современная звукорежиссура : творчество, техника, образование : коллектив. моногр. / науч. ред. : С. А. Осколков, А. В. Денисов, Е. А. Полехина. – СПб. : ГУП, 2013. – 48 с.
6. Попроцкий, А. Д. Звукозаписывающее оборудование [Электронный ресурс]: учебно-метод. комплекс / А. Д. Попроцкий, А. С. Ивановский. – Мн. : ИСЗ. – 2018.

4.3. Дополнительная литература

1. Дворко, Н. И. Основы звукорежиссуры : творческий практикум / Н. И. Дворко, В. Г. Динов, С. Г. Шугаль, Ю. А. Кубицкий. – СПб. : СПбГУП, 2005. – 164 с.
2. Динов, В. Г. Звуковая картина. Записки о звукорежиссуре : учеб. пособие / В. Г. Динов. – СПб. [и др.] : Лань : Планета музыки, 2012. – 488 с.
3. Динов, В. Г. Палитра звукорежиссера / В. Г. Динов. – СПб. : Геликон Плюс, 2006. – 368 с.
4. Электронный архив журнала «Звукорежиссер» [Электронный ресурс] – 2008–2015. – Режим доступа: <https://archive.md/izBPV>.

Содержание

Введение.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
1.1. Краткий курс лекций.....	5
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	72
2.1. Практические задания.....	72
3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	73
3.1. Темы для управляемой самостоятельной работы студентов.....	73
3.2. Формы и средства диагностики.....	73
3.3. Перечень вопросов к зачету.....	74
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	76
4.1. Учебная программа.....	76
4.2. Основная литература.....	93
4.3. Дополнительная литература.....	93

Учебное электронное издание

Составитель
Попроцкий Александр Дмитриевич

ПРИБОРЫ ОБРАБОТКИ ЗВУКА

*Электронный учебно-методический комплекс
для обучающихся специальности
6-05-0215-10 Компьютерная музыка*

[Электронный ресурс]

Редактор *А. Н. Голотвина*
Технический редактор *Ю. В. Хадьков*

Подписано в печать 29.05.2026.
Гарнитура Times Roman. Объем 0,5 Мб

Частное учреждение образования
«Институт современных знаний имени А. М. Широкова»
Свидетельство о регистрации издателя №1/29 от 19.08.2013
220114, г. Минск, ул. Филимонова, 69.

ISBN 978-985-547-534-8

