

# Системы реставрации звука

[Леонид Антонов]

**K**аждое поколение неизменно оставляет материальную память о себе...

Совершенствуются технологии, сбываются, казалось бы, немыслимые мечты. Вот уже и индустрия звукозаписи отпраздновала 150-летие. До середины 80-х годов прошлого века наиболее надежным носителем звукозаписи для хранения считалась грампластинка. А ведь с момента изобретения грамзаписи до нашего времени в этой технологии принципиально ничего не изменилось. Настоящая революция свершилась с приходом цифровых способов звукозаписи. Цифровые технологии по многим параметрам значительно превосходят все существовавшие ранее способы фиксации звука на материальных носителях. Несомненно, встал вопрос о том, каким образом осуществлять перенос архивных фонограмм на современные носители.

Проблема адаптации исторических записей к современным стандартам не нова. Еще в 50-60-е годы прошлого века с появлением высококачественных магнитных лент и массовым распространением долгоиграющих грампластинок возникло новое направление в звукорежиссуре. Это направление получило название "реставрация звукозаписи". В статьях (№№ 8..10 за 2001 год) я подробно рассматривал технологической процесс реставрации звукозаписи.

Большинство фирм, выпускающих профессиональное звуковое оборудование, именно в то время стало развивать линейки приборов для улучшения шумовых параметров звукозаписи. Это связано в первую очередь с тем, что основным фактором, ухудшающим восприятие архивных фонограмм, является фоновый шум, привнесённый самим носителем.

Собственно, под "реставрацией" понимается процесс устранения помех и фонового шума в условиях, когда их возникновение не предполагалось в процессе изготовления фонограммы, а при записи на материальный носитель фонограмма не была подвергнута предварительной обработке с целью компенсации таких помех при воспроизведении. Фактически, речь идет о том, что шумопонижение в процессе реставрации производится только на "стороне воспроизведения".

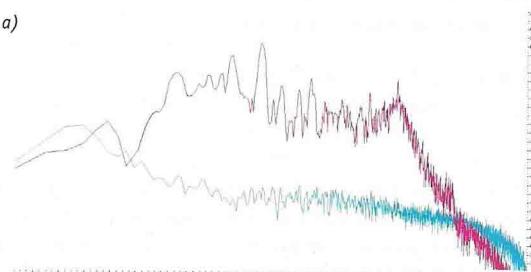
За время своего существования индустрия звукозаписи непрерывно совершенствовала технологии, постоянно раздвигая границы диапазона записываемого звука. Судите сами: акустические (*т.е. сделанные через рупор – прим. ред.*) граммофонные записи имеют частотный диапазон от 150 Гц до 3..5 кГц, а динамический диапазон – порядка 20...25 дБ; электрические (*сделанные через микрофон – прим. ред.*) патефонные записи имеют частотный диапазон от 80 Гц до 8..12 кГц при динамическом диапазоне 27..34 дБ. Современные долгоиграющие грампластинки способны нести от 10 Гц до 25 кГц по частоте и до 50 дБ по динамике.

Аналоговые магнитофоны при своем рождении имели частотный диапазон от 100 Гц до 7..8 кГц и

динамику до 40 дБ, а современные модели способны записать фонограмму, содержащую от 15 Гц до 50 кГц по частоте и более 80 дБ по динамике. Существующие требования к цифровым системам звукозаписи предусматривают еще более широкие частотный и динамический диапазоны. Нас уже не удивляет, что заявленные характеристики бытового цифрового оборудования содержат такие характеристики, как частотный диапазон от 20 Гц до 20 кГц и динамический диапазон 90 дБ. Существенным является также такой параметр, как коэффициент нелинейных искажений, который в ранних грамзаписях достигал 12%, а в настоящее время редко превышает десятые и даже сотые доли процента. По сути, стандарт все ближе и ближе придвигается к пределу возможностей человека по восприятию звуковой информации.

Эти рассуждения о частотном и динамическом диапазоне и фоновом шуме лучше рассмотреть в графическом представлении. Как видно из графика, аналоговые системы звукозаписи имеют достаточно погодий спад характеристики на границах диапазона (рис. 1). Именно этим свойством аналоговых носителей можно и нужно пользоваться для

а)



б)

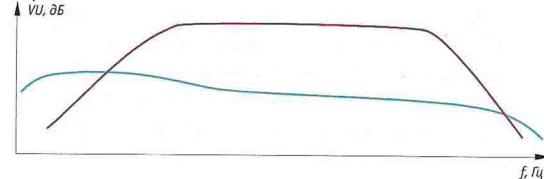


Рис. 1. а) спектр реального звука (пурпурная кривая)

и фонового шума (голубая кривая),

б) упрощенное изображение спектра полезного сигнала и фонового шума

приближения звучания к современным требованиям. К сожалению, банальное исправление частотной характеристики привело бы к существенному увеличению фонового шума в этих частотных областях. Помимо этого, коэффициент нелинейных искажений неравномерен в спектре, и, как правило, несколько увеличен в пограничных областях диапазона. Следовательно, простое усиление этих частотных областей привело бы к увеличению нелинейных искажений, и как следствие, к ухудшению восприятия фонограммы (рис. 2).

Однако, помехи, привнесенные материальным носителем – это не только фоновый шум. Стоит

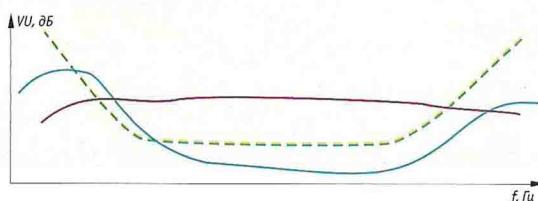


Рис.2. Зеленым цветом показана форма фильтра, примененного для выравнивания характеристики полезного сигнала (пурпурная кривая). Фоновый шум (голубая кривая) при этом тоже усиливается также упомянуть и об импульсных помехах. Импульсными принято называть помехи, длительность которых не превышает одну секунду. Современные носители тоже зачастую грешат этим неприятным эффектом. Как правило, это щелчки, разные по длительности и амплитуде. В аналоговой технике их появление вызывается целым комплексом факторов. Это и механические повреждения, и неравномерность слоя магнитных лент, разряды статического электричества, пыль, частицы отслоившегося

носителя. Нередко запись содержит посторонние звуки, случайно проникшие по сети питания студийной аппаратуры и каналов связи.

Но в реальной жизни носители плохой сохранности могут иметь практически полно-

ный набор помех любой длительности, когда почти невозможно отличить часто следующие импульсные помехи небольшой амплитуды от фонового шума носителя.

Стоит напомнить, что огромная часть усилий затрачивается на этапе воспроизведения архивного носителя с целью получения его копии в современном формате. Именно от этого зависит, насколько качественным будет результат реставрации, поскольку то, что не воспроизвело с оригинального носителя, невозможно восстановить никакими средствами.

Сам процесс реставрации звукозаписи достаточно трудоемок, и объем работы тоже напрямую зависит от того, насколько качественная копия оригинального материала попала в руки реставратора.

В этой статье более подробно рассмотрим ту часть технологического цикла, которая происходит при обработке копии оригинальной фонограммы в цифровом формате.

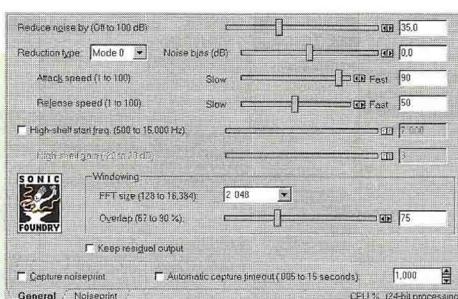
*Не следует думать, что очистка фонограмм от импульсных помех, фонового шума и искажений – исключительная привилегия звукорежиссеров, занимающихся реставрацией архивных записей. Эти оборудование и технологии используются и в других целях, например, на радио и телевидении при выводе в эфир сигнала, получаемого по телефонным линиям связи. Также в цифровых системах, несмотря на определенную защиту и компенсацию выпадений, в случае невосполнимой потери части цифровой информации на выходе, неизбежно возникает щелчок или треск. С этим неприят-*

*ным эффектом мы чаще всего сталкиваемся при копировании цифровых носителей.*

В настоящее время производители выпускают оборудование, которое подразделяется на два вида. Это системы для обработки в реальном времени (on-line) и системы для обработки в произвольных временных условиях (off-line). Иногда оборудование может применяться как в системах on-line, так и в системах off-line. Однако при выборе комплекта оборудования следует иметь в виду, что в случаях, когда результат реставрации, то есть готовый материал, предназначен для многократного прослушивания – следует предпочесть оборудование off-line. А в ситуациях, когда такой возможности у слушателя нет, – применимо оборудование on-line. Это связано с тем, что характер помех и их свойства непредсказуемы, а системы off-line позволяют более тонко настроить параметры подавителей, и применять настроенные фильтры только в той части фонограммы, где это необходимо. При "живой" работе это физически невозможно, и, как следствие, подход может быть компромиссным.

Посудите сами: пропущенная в эфир небольшая часть тресков и шума телефонной линии будет звучать вполне уместно, когда слушатель понимает, что корреспондент находится на значительном удалении от передающей студии. Для такой работы, возможно, более важно, чтобы пропущенные щелчки и трески были лимитированы, а общий уровень фонового шума не влиял на разборчивость передаваемого звука. Изначально системы on-line разрабатывались для нужд архивов, когда пользователи (в основном вещательные организации) стремились получить копии архивных материалов, соответствующие по шумовым и частотным характеристикам вещательным стандартам.

Использование систем понижения шума уже стало неотъемлемой частью технологического процесса записи новых фонограмм. Несмотря на то, что современное оборудование для звукозаписи имеет очень низкие значения шума, сложение шумовых составляющих при сведении фонограммы может привести к существенному увеличению общего уровня шума. Несомненно, здесь может оказаться полезным предварительное обесшумливание в каждой из дорожек многодорожечной записи. Пожалуй, единственное и существенное отличие технологии шумопонижения при записи новых фонограмм от обработки уже записанных ранее, заключается в том, что в процессе записи существует возможность существенно уменьшить влияние шумов носителя, применив системы двусторонней обработки при записи-воспроизведении фонограммы на материальный носитель. Такая технология позволяет значительно ослабить шумы материального носителя (например, аналогового магнитофона) и каналов связи (например, радиоканала в беспроводных микрофонах). Однако, шумы и трески, возникающие в студийном оборудовании вне этапа "запись-воспроизведение" на материальный носитель, трактуются такими системами, как полезные звуки, и не могут быть ими удалены. Для компенсации именно таких шумов и помех используются системы односторонней обработки.



Первая половина интерфейса Sonic Foundry Noise Reduction

Подавитель подключается непосредственно на выход того канала, где имеется повышенный уровень нежелательных шумов и помех. В такой ситуации выбор оборудования может подсказать сама технология. Если в качестве устройства многодорожечной записи выбран компьютер – разумнее всего было бы воспользоваться системами off-line и подключаемыми модулями компьютерных звуковых редакторов. В случае, когда многодорожечная запись производилась на специализированном (не компьютерном) оборудовании – диск-рекордер или многодорожечном магнитофоне – удобнее было бы использовать оборудование on-line, подключив его на выходы многодорожечного рекордера.

Эти рекомендации носят общий характер и выбор средств, несомненно, остается за звукорежиссером.

Системы шумопонижения типа on-line конструктивно представляют собой отдельные блоки, монтируемые в 19" стойку, и узко специализированные на обработке определенного типа шумов и помех. Наиболее полный комплект для борьбы со всеми видами шумов представлен фирмой CEDAR. Эта фирма уже более 12 лет выпускает оборудование для on-line реставрации фонограмм. Одна из последних разработок компании, линейка приборов Series X+, – это набор отдельных блоков, включающий подавитель щелчков, подавитель тресков и неизначительных нелинейных искажений, азимут-корректор, подавитель наводок и подавитель фонового шума. Блоки коммутируются между собой по цифровому интерфейсу 24 бита, что исключает проникновение посторонних шумов, и обеспечивает максимальное качество обработки и транспортировки сигнала в процессе реставрации.

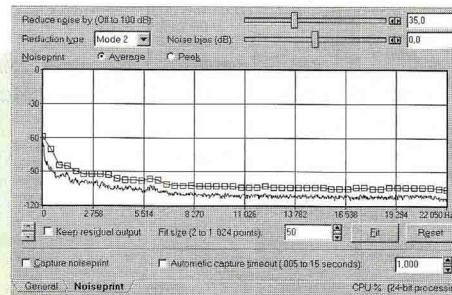
Из недорогих систем шумопонижения on-line интерес представляют разработки фирмы Behringer. К сожалению, линейка представлена только подавителями высокочастотного фонового шума и частотно-зависимыми экспандерами/гейтами. Однако к несомненному достоинству этих устройств можно отнести наличие входа side-chain, позволяющего подводить управляющий сигнал от другого источника, например от эквалайзера. Тем самым у звукорежиссера возникает возможность корректировать в процессе работы свойства фильтра. Это особенно важно в случаях, когда обработка в полностью автоматическом режиме невозможна.

Идеология производителей систем off-line для обработки звука базируется на нескольких принципах. Первые, появившиеся в начале эпохи цифрового звука, отталкивались от ограниченности вычислительной мощности процессоров компьютеров, и, как следствие, имели жесткую привязку к DSP-картам, имеющим свой собственный процессор и связь с компьютером. В таких системах компьютер играл второстепенную роль, скорее это была некая управляющая консоль. Зачастую такие системы имели даже собственные диски, обеспечивая тем самым полную независимость от шины и процессора базового компьютера. Первоначально это были аппаратно-программные комплексы для компьютеров Macintosh. Это направление до сих пор развивается производителями. Здесь следует упомянуть системы от Sonic Solutions, Digidesign и

SADiE. С точки зрения человека, работающего на такой системе, совершенно не принципиально, как выглядит внутренняя архитектура.

Второе, более массовое направление, возникло с появлением компьютеров с более мощными центральными процессорами. Программные пакеты стали более специализированными. Производители звуковых редакторов стали применять системы подключаемых программных модулей (plug-ins), что открыло возможности для независимых разработчиков представлять на рынок узкоспециализированные блоки программных обработок.

На мой взгляд, системы, привязанные к специализированному "железу", более замкнуты и менее гибки в плане развития. Это связано в первую очередь с достаточно высокой ценой оборудования и его обновления. Также замечу, что развитие и мо-



Окно для настройки "параметров шума" в Sonic Foundry Noise Reduction. Для удобства рассмотрения в журнальной иллюстрации выбрано всего 50 линеек, на которые поделен диапазон. Здесь же показано, что можно регулировать порог срабатывания, объединив часть линеек в группу (выделены красным цветом). Помимо этого, имеется возможность регулировки чувствительности каждой линейки. В окне так же представлено среднее значение уровня шума, можно посмотреть и пиковые значения. Автоматическая настройка порога срабатыванияция может производиться по среднему или пиковому значению

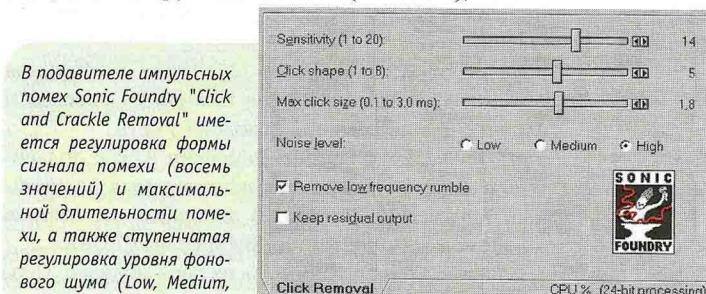
дернизация такой системы имеют ограничения по причине невозможности замены самого процессора DSP, и, как следствие, необходимо адаптировать все последующие разработки к его возможностям. Однако при этом надо учитывать, что скорость старения профессионального оборудования невелика.

В любом случае, работа модулей шумопонижения и фильтрации помех будет рассматриваться без оглядки на платформы, на которых они базируются.

В настоящее время все производители программ звуковых редакторов включают в них минимальный пакет обработок для шумопонижения и удаления наиболее распространенных импульсных помех и наводок.

С развитием VST, DirectX и интеграцией этих технологий в звуковые редакторы на рынке появились десятки пакетов подключаемых модулей для шумопонижения.

Как правило, пакет обработок состоит из модулей для удаления крупных щелчков (De-clicker), мелких



В подавителе импульсных помех Sonic Foundry "Click and Crackle Removal" имеется регулировка формы сигнала помехи (восемь значений) и максимальной длительности помехи, а также ступенчатая регулировка уровня фонового шума (Low, Medium, High) и подавитель рокота (Low frequency rumble). Здесь же можно прослушать помехи, которые подавитель заменил на синтезированный сигнал (окошко Keep residual output)



щелчков и тресков (De-crackler) и понижения фонового шума (De-noiser). Помимо этого, пакет может содержать фильтры сетевых наводок и подавитель высокочастотных шумов (шума магнитной ленты).

Наибольший интерес сегодня представляют системы, полностью приспособленные к работе в режиме 24 бита. Это связано с тем, что в процессе обесшумливания так или иначе происходит многократная обработка исходного сигнала разными фильтрами. Работа в 16-битном режиме приводит к накоплению значительных ошибок в результате многократных последовательных обработок. При этом страдает, в основном, высокочастотная часть спектра полезного сигнала. Как правило, в архивных записях именно эта область также страдает больше всего, и требует значительных усилий на очистку. Прозрачность и естественность звучания во многом определяется качеством передачи высокочастотного спектра. Исходя из этих соображений, резонным было бы оцифровывать исходные материалы с высокими частотами дискретизации (96 кГц и даже более), тем самым, создавая условия для наименьших искажений полезных сигналов высоких частот в процессе последующей обработки.

Рассмотрим более детально некоторые самые распространенные пакеты.



Подавитель импульсных помех DeClicker от Steinberg Spectral Design. В окне визуализации зеленым цветом показана осциллограмма обрабатываемого сигнала, а красным цветом отмечены помехи, на которых сработал детектор. Так же отображены мгновенные значения загрузки процессора. Фильтр "Deploy" предназначен для отсечки инфразвуков (значение указывает на частоту в герцах, ниже которой будет проводиться подавление). Регулировка формы помех, к которым фильтр будет наиболее чувствителен, совмещена с установкой уровня фонового шума и осуществляется переключателем "Mode", который имеет положения "Old" (записи начала прошлого века), "Standard" (записи с виниловых дисков 50-х и до конца 70-х), "Modern" (записи с виниловых дисков с середины 80-х годов до наших дней). К сожалению, этот подавитель очень плохо срабатывает на "цифровых щелчках", вызванных неисправными выпадениями цифровых носителей. Прослушать заменяемые помехи, можно нажав на кнопку "Audition".

Sonic Foundry Noise Reduction DirectX plug-in состоит из модуля подавления широкополосного фонового шума, подавителя щелчков и тресков, гибридного фильтра для реставрации виниловых записей, и модуля восстановления искажений, возникших в результате перегрузки при оцифровке и обработках.

Пакет от Waves состоит из модуля подавления фонового шума, подавителя щелчков и тресков и фильтра для подавления наводок от сети.

SEKD Declicker Plug-In совмещает в себе подавитель щелчков, тресков и незначительных нелинейных искажений. Основной алгоритм подавления заимствован от систем on-line фирмы CEDAR.

Пакет от Steinberg состоит из двух модулей. Первый представляет собой подавитель всевозможных импульсных помех, второй – подавитель широкополосного фонового шума.

Наиболее полный арсенал средств шумопонижения содержится в звуковом редакторе CoolEdit. Однако его существенным недостатком является невозможность вручную регулировать порог срабатывания в отдельных линейках фильтра подавителя фонового шума.

Следует отметить, что разработчики алгоритмов подавления импульсных помех задают модулям детектирования и контроля ложных срабатываний несколько разные параметры сигнала помехи. Поэтому результаты обработки одного и того же исходного фрагмента подавителями разных фирм могут значительно различаться по звучанию.

Здесь также играет большую роль, насколько точно алгоритм позиционирует точки начала и окончания помехи, а также небольшой "захлест" до начала и после окончания помехи. Это существенно сказывается на качестве подавления и на возможных артефактах в результате работы подавителя.

Как видим, все производители пакетов программных модулей для реставрации ориентируют свои разработки на три основных вида помех. Естественно, что алгоритмы, применяемые в них, в основном очень похожи, однако небольшие различия в пользовательских регулировках позволяют добиваться разных результатов.

Программы для очистки от импульсных помех (De-clicker и De-crackler) состоят из трех основных блоков.

Первый – это блок детектирования. Его работа основана на том, что фронт импульсной помехи, как правило, имеет очень большую скорость нарастания и затухания, при этом сигнал не превышает 1...2 периодов. Различия в работе этого блока у программы подавления щелчков и программы подавления тресков и незначительных нелинейных искажений заключаются в амплитуде и длительности определяемого сигнала помехи. Самые крупные щелчки, вызванные выбоинами канавки грампластинки, при воспроизведении на профессиональном оборудовании обычно имеют послеслед, соизмеримый по длительности с длительностью основного фронта.

Второй блок выполняет подтверждение правильности срабатывания блока детектирования. В нем происходит оценка близлежащих регионов. В случае, когда не удается обнаружить периодичность сигнала, срабатывание подтверждается, и третий блок производит замену региона помехи на синтезированный сигнал. Синтез, как правило, осуществляется путем интерполяции предыдущего фрагмента и фрагмента, следующего за точкой окончания помехи. В некоторых случаях к нему дополнительно подмешивается и сам заменяемый регион – таким образом, неточность в просчете интерполированного сигнала уменьшается за счет уменьшения глубины подавления помех.

Таким образом, для успешной работы блоков требуется значительное количество информации. Все необходимые данные поступают при непосредственном исследовании обрабатываемого сигнала, однако большая часть параметров требует корректировки. В перечисленных пакетах обработки все значимые параметры заложены разработчиками алгоритмов и приведены к статистически усред-

ненным значениям. Исключения составляют только модуль от Sonic Foundry и модуль из вложенных средств CoolEdit. Последний имеет возможность существенной регулировки почти всех параметров детектирования и подтверждения ложных срабатываний. Поэтому для освоения работы с ним потребуется не одна неделя. В подавителе импульсных помех от Sonic Foundry, помимо чувствительности детектора, для регулировки имеются следующие параметры: форма щелчка, его максимальная длительность и общий уровень фонового шума.

Следует отметить, что немаловажную роль для работы с подавителями, построенными на усредненных значениях, играет визуализация процесса очистки и возможность прослушивания в реальном времени. С этой точки зрения почти все производители нашли способ зрительного представления работы подавителя в окне визуализации, а так же встроили в модуль кнопку прослушивания удаляемых фрагментов, и кнопку обхода фильтра для оперативного сравнения результата обработки с оригиналом. Работа с окном визуализации процесса требует определенного навыка, поскольку даже на очень быстрых процессорах происходит задержка между отображаемым в режиме предварительного прослушивания реальным звуком и показаниями в окне.

Немаловажным фактором является также величина отступа, которая принимается для определения границ региона, подлежащего замене. Если алгоритм неправильно оценивает последслед и начало фронта крупных щелчков, то блок замены может в процессе обработки учесть часть сигнала помехи при просчете заменяемого фрагмента и, в результате на месте щелчка возникнет низкочастотный стук, иногда более неприятный на слух, чем сам щелчок. В модулях подавления импульсных помех CEDAR for Windows, CEDAR for ProTools, и Sonic Solutions эта задача решена путем внедрения ручной корректировки границ региона.

Понятно, что чем больше параметров алгоритма можно отрегулировать вручную, тем тоньше удастся настроить фильтр, и тем меньше будет страдать полезный сигнал.

Модули с наименьшим количеством усредненных параметров существуют, однако формат настоящей статьи не позволяет рассмотреть их все сколько-нибудь подробно. Замечу лишь, что работа с ними требует серьезных навыков и глубокого понимания внутренних процессов для точной настройки. Именно по этой причине они менее распространены.

Особую сложность представляет обработка щелчков и тресков, соизмеримых с амплитудой и частотой полезного сигнала. Особенно сложно обрабатывать открытые гласные в вокale и духовые инструменты оркестра, используя простые подавители импульсных помех, то есть с усредненными параметрами и минимальными пользовательскими регулировками. При неправильной обработке на вокале могут появиться артефакты, напоминающие икание, срывы или бульканье, а духовые инструменты станут "ватными", с подавленным звучанием.

При невозможности автоматически удалить щелчки из таких фрагментов фонограммы, рекомендуется найти их на осциллограмме и вручную заменить на близлежащий регион. К сожалению, во

многих звуковых редакторах невозможно рассматривать осциллограмму в крупном масштабе, когда видны отдельные семплы. Однако в современных версиях большинства звуковых редакторов эта проблема так или иначе устранена. Теперь подобная замена с точным выделением региона не представляет сложности.

Цифровой подавитель фонового шума – это не что иное, как набор узкополосных гейтов. Работа таких подавителей основана на эффекте маскировки слабых звуков более громкими. Количество полосок, на которые поделен частотный диапазон, может достигать нескольких тысяч, по этой причине аналоговых эквивалентов цифровым фильтрам не существует.

В идеале каждая полоса с полосовым фильтром и гейтом должна иметь свои собственные регулировки. Ведь важно, чтобы в области высоких и низких частот срабатывания и отпуска-

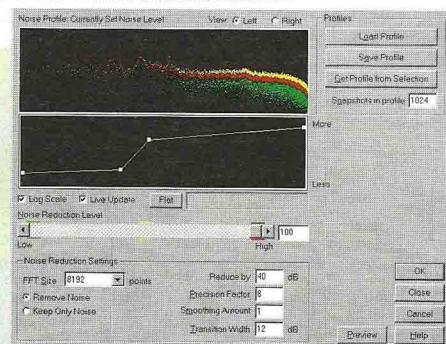


Подавитель небольших импульсных помех и нелинейных искажений X-Crackle от Waves.

В окне визуализации белым цветом показаны срабатывания детектора, а зеленым – замененные фрагменты, после подтверждения модулем проверки. Прослушивание заменяемых помех осуществляется нажатием на кнопку "Difference". Регулятор "Reduction" не только изменяет уровень подавления, но и влияет на чувствительность модуля детектирования помех

ния были несколько различными. То же касается порога срабатывания и уровня подавления гейта, ведь реальный шум неравномерно распределен по частотному диапазону.

Гейты, применяемые в подавителях фонового шума, также имеют сложную схему открытия/запирания для сигналов, по уровню близких к уровню фонового шума. Ширина участка диапазона по уровню, в котором будет производиться неравномерное подавление, – тоже величина непостоянная.



Модуль подавления фонового шума CoolEdit. К недостаткам можно отнести неудачную компоновку интерфейса для настройки чувствительности в линейках, не позволяющую тонко настраивать значения отдельных линеек или небольших групп линеек (окно More-Less), и отсутствие шкалы в децибелах.

Достижество – возможность вручную установить значение ширины диапазона (Transition Width). Зеленым цветом показана спектrogramma шума, красным – полезного сигнала, а желтым – уровень подавления

Согласитесь, что ручная настройка нескольких тысяч параметров практически невозможна. По этой причине часть значимых параметров объединяется для всех гейтов. Так, значение скорости срабатывания и отпускания имеет общую регулировку для всех линеек, и корректируется внутри алгоритма в соответствии с тем, как это заложено разработчиком. К сожалению, не во всех случаях с пер-



вого раза удается максимально подавить шум без появления слышимых артефактов.

Оригинальное решение найдено для установки порога срабатывания. Для этого применена процедура "изучения" шума. Перед началом работы фильтра пользователю предлагается выделить фрагмент фонограммы, в котором не содержится полезного сигнала, а имеется только фоновый шум. По этому фрагменту в процессе "изучения" происходит настройка порога срабатывания гейтов. В окне появляется спектрограмма шума и виртуальная линия, соединяющая точки срабатывания гейтов. В большинстве подавителей разных производителей имеется возможность ручной корректировки этого значения для каждого гейта или для группы гейтов.

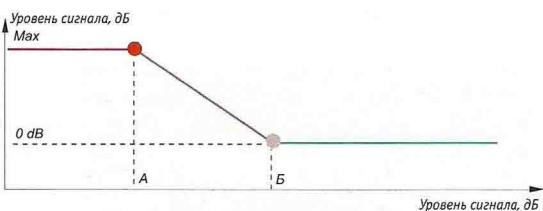


Рис.3. При уровне сигнала в линейке ниже точки А, на выходе гейта подавление будет максимальным. На участке от уровня А до уровня Б – подавление гейта плавно уменьшается в зависимости от уровня сигнала. При превышении уровня сигнала значения уровня в точке Б – гейт полностью открывается, пропуская сигнал в неизменном виде

Ширина диапазона, в котором будет производиться открывание/закрытие гейта (Transition Width), существенно влияет на появление артефактов. Визуально процесс можно представить следующим образом: при достижении в линейке уровня сигнала меньшего уровня порога запирания, происходит подавление этого уровня до значения, указанного в окне "уровень подавления шума". При превышении этого уровня на определенное значение подавление также будет иметь место, но со значительно меньшим уровнем. При этом, чем выше уровни входящего сигнала, тем меньше будет уровень подавления. При превышении уровнем входящего сигнала суммы значений "уровня запирания" плюс "ширина диапазона", обработка не производится, и сигнал проходит через гейт в неизменном

подавителя фонового шума встречается далеко не у каждого производителя.

Существуют также усовершенствованные алгоритмы, в которые добавлены такие функции, как сохранение высокочастотных гармоник. Эти алгоритмы имеют несколько меньшую степень подавления, однако в результате их работы высокочастотные составляющие полезного сигнала страдают значительно меньше. При обработке дополнительно вводится открывание линеек на частотах второй-третьей гармоник, то есть если полностью открывается линейка, соответствующая по частоте 1 кГц, то для линеек с частотой 2 и 3 кГц в значение уровня вводится поправочный коэффициент, чтобы они несколько "приоткрывались" даже при отсутствии полезного сигнала на этих частотах. В результате работы такого алгоритма на фонограмме остается почти ровное высокочастотное шипение с небольшим уровнем. Его можно дополнительно обработать фильтром, называемым De-hiss. Этот фильтр не что иное, как эквивалент аналогового аддативного скользящего фильтра высоких частот.

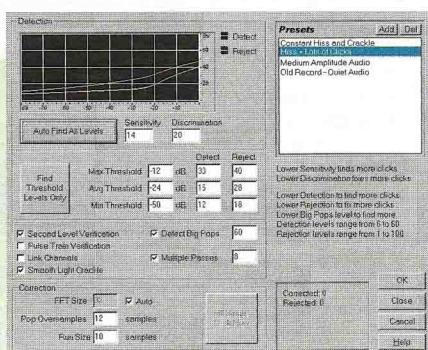
Вернемся к работе подавителя фонового шума. Разные производители в своих разработках несколько по-разному интерпретируют значимые параметры работы гейтов в линейках. Объединение групп параметров тоже закладывается разработчиками по-разному.

Так, в программных модулях подавления фонового шума от Steinberg, Waves, Arboretum Systems, Merging Technologies и встроенным модуле CoolEdit не имеется раздельных регулировок уровня срабатывания гейтов в отдельных линейках. В этих модулях количество линеек гейтов фиксировано. Число их варьируется от 500 до 1000, что не всегда достаточно для качественного подавления шума. К недостаткам модуля подавителя фонового шума можно также отнести отсутствие регулировки диапазона срабатывания. При попытке "почистить" фонограмму с изначально невысоким отношением "сигнал/шум", именно жесткий порог срабатывания и невозможность его регулировки приводят к слышимым артефактам даже при небольшом значении подавления. Более выигрышно выглядят подавители фонового шума в Sonic Solutions, модуль DNL для ProTools и модуль Noise Reduction от Sonic Foundry.

Все без исключения производители дают возможность регулировки временных параметров открывания/запирания линеек гейтов только по усредненному значению. Лишь немногие из них при этом вводят внутреннюю коррекцию временных значений в зависимости от частоты. Избежать флэнджерного эффекта можно путем многократной обработки с ручной установкой параметров. В этом случае при каждой последующей обработке необходимо вручную задавать диапазон обрабатываемых частот.

В самом модуле подавителя точное выделение частотного диапазона при большом количестве линеек проблематично, ведь диапазоны должны иметь точные границы стыка. Поэтому лучше выделить предварительно частотные диапазоны путем обработки фонограммы пассивным FFT-фильтром, обработать их поочередно подавителем фонового шума с необходимыми параметрами,

**Модуль подавления импульсных помех CoolEdit.** С точки зрения пользователяского интерфейса один из самых удачных модулей, позволяющий вручную регулировать почти все параметры, включая блок подтверждения срабатываний детектора (значение "Reject"), отбрасывание ложных срабатываний. К недостаткам можно отнести лишь отсутствие предварительного прослушивания. Но, вероятно, это связано со сложностью алгоритма, создатели посчитали, что современные процессы не смогут "переварить" его в реальном времени



виде. Таким образом, звуки, близкие по уровню к фоновому шуму, будут хотя и ослаблены, но подавлены не полностью, а отношение их уровня к уровню шума значительно увеличится. Такое дополнение в алгоритме работы гейтов в линейках

а затем свести полученные фонограммы в многодорожечном редакторе. Если при обработке по такой технологии возникают незначительные артефакты, а их составляющие находятся за пределами обрабатываемого частотного диапазона, — перед сведением необходимо дополнительно обработать фрагмент с артефактами таким же пассивным FFT-фильтром, как и при его выделении. Выигрыш в улучшении отношения "сигнал/шум" в такой ситуации может достичь дополнительно до 6...8 дБ по сравнению с простым обесшумливанием неразделенной фонограммы, что особенно важно при реставрации фонограмм с изначально высоким отношением "сигнал/шум".

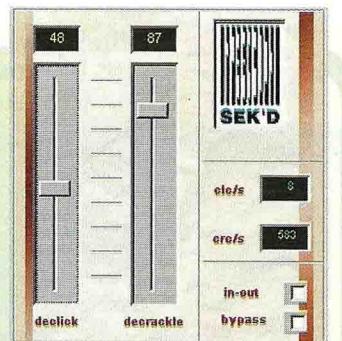
Как уже отмечалось, основной принцип работы подавителей фонового шума одинаков. Как следствие — слышимые артефакты при попытках чрезмерного подавления шума тоже будут иметь одинаковый характер. Но количество ручных регулировок параметров алгоритма и его "продвинутость" могут значительно улучшить результат обработки. По этой причине обработка одного и того же фрагмента фонограммы фильтрами разных производителей приводит к разным результатам. Не следует забывать, что качественная настройка параметров алгоритма требует большого опыта, и не следует сразу ожидать значительных результатов при использовании модулей с большим количеством ручных регулировок.

Как любой творческий процесс, работа с подавителем фонового шума требует долгих экспериментов и сравнений, а также осознанной коррек-

*Подавитель импульсных помех от Sek'D построен на основе алгоритмов CEDAR. Совмещает в себе Declicker и Decracker. Визуализация числовая, значение показывает количество помех, обработанных за секунду. Имеется возможность предварительно прослушивать помехи, на которые сработал подавитель (окошко "in-out"), а так же сравнивать оригинальный сигнал и обработанную фонограмму (окошко "bypass").*

*Declicker — всегда правильно может обрабатывать помеху. На месте крупного щелчка может остаться послеслед или стук.*

*Decracker — напротив, один из самых корректных, но на больших значениях чувствительности подавляет полезные высокочастотные составляющие*



тировки параметров. В любом случае, начинающим можно посоветовать не гнаться за большой степенью подавления. Ровный фоновый шум почти не влияет на восприятие звукового материала, если в фонограмме сохранена прозрачность и насыщенность звучания.

В любом случае, подавление шума деструктивно и наносит серьезный ущерб звучанию фонограммы, поскольку часть полезного сигнала — несмотря ни на что — подавляется вместе с шумом.

А вообще — самым лучшим фильтром помех до сих пор является человеческий мозг! Если шумовые составляющие фонограммы постоянны по частоте и уровню, то через несколько секунд происходит адаптация, и слушатель уже не обращает внимания на шумы... ■

**чтобы слушая,** **слышали!**

**все, что необходимо для Вашей радиостудии**

**Эфирный/монтажный микшер OXYGEN 4**

- Модульная конструкция, определяемая пользователем
- Наличие всех атрибутов вешательного микшера
- Встроенный телефонный гибрид
- Компактность

**Эфирный микшер OXYGEN 3**

- Отличное соотношение "цена/качество"
- 2 встроенных телефонных гибрида с функцией конференции-связи
- 9 стерео и 3 симметричных микрофонных входа
- 2 симметричных мастер-выхода (pgm), 2 несимметричных выхода, 1 моновыход
- Функция talkover для удобства работы

**FM-процессор FALCON 35**

- 5-полосная обработка
- 8 DSP
- 2 порта RS-232
- ПО для Win 95/98
- Модернизация ОС процессора через Интернет
- Версия процессора для WEB-, DAB-вещания и для телевидения
- RDS-кодер (опция)
- Стереокодер (опция)
- Цифровые входы/выходы формата AES/EBU, S/PDIF (опция)
- СтереоЭнхансер (опция)
- Занимает 1 рабочую стойку 1U

**Студийный телефонный гибрид MACROTEL 7**

- Работа в 2- и 4-проводными линиями
- Версия гибрида для одной или двух телефонных линий
- Симметричные входы и выходы
- Легкая установка и работа

При заказе через Интернет-магазин ([www.era.ru/shop](http://www.era.ru/shop)) — скидки + бесплатная доставка!

**ВСЕ ДЛЯ ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ И ЦИФРОВОГО КИНО**

140180, Московская область, г. Жуковский, ул. Гагарина, д. 85, пом. 3  
тел.: (095) 741-75-52, (095) 556-29-41, (09648) 3-93-73, 3-17-80  
факс: (095) 741-75-52 e-mail: [info@era.ru](mailto:info@era.ru)

**ЭРА**  
[www.era.ru](http://www.era.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ • 6 | 2003 • ЗВУКОРЕЖИССЕР

[ 9 ]