

## Реставрация фонограмм

Технический прогресс каждый год преподносит нам новые средства для записи звука на носители. Неуклонно растет и качество тракта записи-воспроизведения. Модернизируются старые системы, разрабатываются новые. Зачастую новые системы являются, по сути, незначительной модификацией предыдущих. Студийное оборудование приобретает на многие годы, в течение которых у обладателей накапливаются архивы уникальных записей. Иногда перенос исходного материала, записанного в наши дни, из одной студии в другую, представляет сложную задачу. А что же можно сказать о записях, сделанных многие годы назад? Порой, даже сами обладатели материальных носителей не в состоянии их качественно воспроизвести, поскольку оборудование, на котором они были записаны, либо продано, либо пришло в негодность.

Революция в звукозаписи, произошедшая в начале 80-х годов XX века с массовым появлением цифровых систем, несомненно, привела к значительному увеличению технических возможностей звукозаписывающего оборудования, улучшилась и совместимость систем. При разработке цифровых систем звукозаписи также серьезное внимание было уделено "дальнейшей судьбе" записанного материала. Действительно, в существовавших ранее аналоговых системах звукозаписи при перезаписи материала в процессе изготовления и тиражирования значительно ухудшалось отношение сигнал/шум, а также происходила деградация качества звучания от копии к копии. Современные цифровые системы позволяют изготовить практически идентичные копии. Незначительные выпадения практически полностью компенсируются алгоритмами дополнительной проверки при считывании исходного материала.

Дольше всего не поддавались переходу на цифровые технологии фонограммы кино. Однако и для этой специфической области звукозаписи в настоящее время имеется большое количество цифровых систем для записи и воспроизведения звука.

Грампластинка, используемая, для озвучания кинофильма

Здесь, в кинопроизводстве, как впрочем и в других областях, появление нового, более совершенного материального носителя звукозаписи привело к необходимости перевода на него фонограмм, существовавших ранее.

История звукового кино берет свое начало в 1926 году, когда компания Bell представила первую законченную систему синхронной записи и воспроизведения звука и киноплёнки. Технология была названа Vitaphone. Это действительно была революция, поскольку появилась уникальная возможность представить события не только в движении, но и с реальным звуком! Система позволяла синхронизировать грамзапись с киноплёнкой в процессе съёмки фильма, монтажа и воспроизведения в кинотеатре. Большие 16-дюймовые диски вращались со скоростью около 33 об/мин и были жестко связаны с электродвигателем в кинопроекторной установке. (Как это похоже на одну из современных систем кинозвука! С той разницей, что вместо грампластинки используется CD-ROM.)

Однако этой системе была уготована недолгая жизнь. Уже в 1929 году была представлена новая, более прогрессивная система оптической записи звука непосредственно на киноплёнку. Она имела существенно лучшую синхронизацию, поскольку изображение и звук находились на едином носителе – киноплёнке, а также предоставляла значительные возможности адаптации существовавшего кинопроекторного оборудования для воспроизведения звуковых фильмов.

Оптический способ записи звука стал главенствующим в индустрии практически до конца 60-х годов. Его многочисленные модификации нашли применение и в многорожечной записи, и в системах радиовещания, и на телевидении. Таким записям повезло: попадая в архивы, они хранились. Магнитная запись, из-за возможности

многократной перезаписи, пострадала больше – многие уникальные записи исчезли навсегда. Их просто размагнитили, а ленту использовали повторно.

Но в наше время во многих студиях стали хранить даже многодорожечные ленты, использованные при записи. Несомненно, такой подход значительно упростит жизнь реставраторам в будущем.

Уже сейчас мы видим множество примеров использования таких материалов: это и выпуск ремиксов, и пересведение материала для многоканальных систем звуковоспроизведения в кино, хотя отсутствие многодорожечного исходного материала значительно затрудняет работу по переводу архивного материала на современные матричные многоканальные системы звуковоспроизведения кино.

Обычная стереофонограмма имеет много общего в сигналах правого и левого каналов, даже при значительном стереоэффекте. Поэтому банальный перенос сведенной стереофонограммы в системы матричного кодирования приводит к тому, что декодирующая матрица направит все похожие составляющие звука из правого и левого каналов в центральный канал. Таким образом, при воспроизведении звуковая картина значительно исказится и станет звучать более монофонически. Несомненно, "тупо" использовать стереофонограмму в таком случае нельзя – её надо разложить на несколько дорожек, и пересвести. Имея оригинальную многодорожечную запись, мы можем качественно проделать эту работу. Даже если в руках окажется сведенная фонограмма, содержащая отдельные дорожки с записью шумов, музыки и диалогов, – её можно качественно адаптировать к использованию в многоканальных системах воспроизведения звука в кино.

Но что же делать с монозаписями? Сотни километров пленки с кинофильмами прошлых лет ждут своего часа. Новая жизнь старых кинофильмов сулит не только приобщение зрителей к шедеврам киноискусства, но и значительные прибыли прокатчикам.

Вид полутонной оптической фонограммы,  
фонограммы с щелевой маской и осциллограмма  
реального звукового сигнала, записанного  
на этих фонограммах.

Суммы, потраченные на реставрацию киноматериала, с лихвой окупаются при выпуске обновленных кинофильмов на материальных носителях для домашнего воспроизведения, а прокат приносит деньги, соизмеримые с первоначальным выпуском картин на широкий экран. Несомненно, реставрация кино – сложный и высокотехнологичный процесс, и при этом очень дорогостоящий. Восстановление и обработка звука – лишь часть общего технологического процесса.

В этой статье детально остановимся на процессах реставрации звука в кино.

Напомню, что при реставрации результат напрямую зависит от качества и компромиссности в подходе к работе на каждом этапе. При этом, ошибки и компромиссы, допущенные на первых стадиях, имеют наиболее существенное влияние на результат, и с каждым последующим этапом работы становятся все более и более неисправимыми и трудномаскируемыми. Несомненно, весь цикл работ нужно проводить с минимальными компромиссами и максимальным качеством, а на первых этапах работы нужно проявить особое внимание и тщательность. Каждая мелочь, неточность и ошибка, допущенная вначале, может обернуться впоследствии неисправимым дефектом, и даже привести к необходимости повторного проведения всех работ с этапа, на котором она допущена.

Давайте же с самого начала сконцентрируем все своё внимание и профессионализм на мелочах и тщательности в выполнении всех обязательных технологических операций.

Что же является существенным в обработке фонограмм кино? В предыдущих статьях отмечалось, что кинопленка как носитель как бы суммирует недостатки магнитной и грамзаписи. Помимо характерных помех, присущих этим носителям звукозаписи, работа с киноматериалом имеет существенную особенность: киноматериал

синхронен, то есть хронометраж звукового сопровождения должен строго совпадать с хронометражом изображения, а также строго привязан к временным промежуткам – кадрам фильма. Эта особенность накладывает жесткие рамки на свойства оборудования и работу по монтажу и пересведению материала. Ведь в процессе работы, помимо всего прочего, необходимо обеспечить сохранность связи между кадрами кино и фонограммой. Особенно важно учитывать это при работе в системах, не имеющих средств для поддержки тайм-кода.

При получении рулонов с исходным архивным материалом их надо внимательно исследовать. Мало кому приходится работать с оригинальными негативами фильмов и исходными записями фонограмм шумов и музыки и диалогов.

Первоначально оценим состояние материала, с которым нам предстоит работать.

Необходимо убедиться в отсутствии грибковых пятен и пыли на поверхности эмульсии. Состояние эмульсии и основы киноплёнки во многом определяет качество звучания тонфильма. Если в процессе хранения были существенно нарушены нормы температуры и влажности – образование грибков и плесени неизбежно. Если под воздействием грибка не произошло полной деградации, необходимо провести полировку эмульсии. Эта сложная и деликатная операция невозможна без применения специального оборудования и технологий. В таком случае следует обратиться в специализированную организацию. Помимо избавления от грибка, полировка приводит к существенному уменьшению количества царапин и неровностей на поверхности эмульсии, что благоприятно сказывается на качестве изображения и звука в целом.

Механическая чистка киноплёнки – также необходимый этап работы, позволяющий избавиться от пыли, отслоившейся эмульсии и прочих механических повреждений. В предыдущем номере описан простейший способ чистки киноплёнки. Помимо чистки плёнки, хорошие результаты получаются при промывании плёнки. Мыть плёнку лучше всего в промывочной секции проявочных машин. Современные проявочные машины имеют отдельный специальный вход промывочной секции. Если такового нет, придется слить реактивы, и заполнить ванны и канистры для освежающих растворов дистиллированной водой. Промывать плёнку можно только в том случае, если на ней нет грибковых и других паразитов. В противном случае, в процессе дальнейшего хранения, рост микроорганизмов может усилиться, да и качество рабочей копии будет неважным. Если на поверхности плёнки обнаружена только грибковая микрофлора, и от её действия поверхность не пострадала (не стала рыхлой, а грибки не внедрились в слой эмульсии, а все еще находятся на поверхности), – можно смыть ее, пропустив плёнку через секцию с фиксажем и промывочную секцию. При этом время фиксации установить на максимум. (Грибки погибают в результате действия щелочной среды.) Предварительно нужно удалить с поверхности все, что сочистится кистями в процессе механической чистки.

Ранние оптические фонограммы изготавливались по денситометрическому принципу, и фонограмма имеет вид рисунка поперечных и продольных полутоновых полос с изменяющейся плотностью. Таким образом, в процессе перемещения плёнки в считывающем устройстве сила светового потока изменяется за счет изменения оптической плотности фотоматериала. В более современных тонфильмах изменение силы светового потока происходит за счет изменения просвета в щели контрастной маски. При этом оптическая плотность самой маски остается неизменной. Вуали на старых киноплёнках, образовавшиеся вокруг элементов маски тонфильма, приводят к изменению динамики и амплитудно-частотной характеристики фонограммы. Щелевые фонограммы представляют возможность для некоторой компенсации этого неприятного эффекта.

Рекомендую изготовить дополнительную копию исходного материала на позитивную сверхконтрастную плёнку. Копия должна быть именно оптическая, а не электрическое воспроизведение-запись материала. Необходимо именно оптическим способом отсечь вуали в сверхконтрастном фотопроцессе. Современная оптика и сверхконтрастные киноплёнки позволяют успешно провести такой процесс без потери

качества. Здесь, так же значительно будет скомпенсирована неравномерность толщины эмульсии, и как следствие этого, изменение светового потока. Естественно, копировать нужно уже очищенный оригинал, не имеющий на поверхности чужеродных вкраплений и пыли.

Получив фотокопию исходного материала, можно приступать к работе. Не следует упускать из вида необходимость правильного обращения с киноплёнкой. Обязательно всякий раз надо выполнять требования по акклиматизации рулонов к условиям студии.

Для получения рабочей копии тонфильма рекомендую использовать не станки для копирования кино, а машины телекино. И уж тем более не следует проводить такой важный этап работы на кинопроекторных установках или просмотрных и монтажных столах! Киноустановки имеют значительные наводки, а звуковые системы монтажных и просмотрных столов предназначены только для контроля, и имеют мало общего с высококачественным звуковоспроизведением.

Современные машины телекино, помимо возможности отдельного перегона только звуковых дорожек, генерирования таймкода и возможности автоматической работы по монтажным листам, имеют ряд существенных преимуществ по сравнению с прочим оборудованием, предназначенным для этих целей. При воспроизведении полутоновых тонфильмов рекомендую так же не поспешить и изготовить две разные рабочие копии исходного материала. Первая – с использованием монофонической считывающей головки. При транскрипции считывание производится лучом, перекрывающим всю поверхность дорожки тонфильма. Вторая – использованием стереофонической считывающей головки в стереорежиме, то есть двумя лучами, перекрывающими по половине дорожки тонфильма.

Таким образом, появится дополнительная возможность по стопроцентному восстановлению тех фрагментов, где помехи расположены не по всей ширине звуковой дорожки. Простым заимствованием мы сможем заменить при последующем монтаже фрагменты фонограммы, в которых помехи на исходном материале были расположены не по всей ширине оптической фонограммы на плёнке.

Две копии исходного рабочего материала щелевых фонограмм на обычной и сверхконтрастной плёнке тоже окажутся полезными при обработке монтажных склеек и помех в виде небольших каверн.

Наибольшую сложность в обработке представляют пятна и прочий лабораторный брак на киноплёнке. Если на изображении это сказывается незначительно, поскольку глаз не может различить при проекции отдельные кадры, то на звуковой дорожке это неминуемо приводит к импульсным помехам, иногда большой длительности. Цифровые системы типа декраклеров с трудом справляются с такими помехами. Не всегда обработка проходит бесследно. В таких случаях частенько после автоматической обработки остаются "последствия" и прочие артефакты.

Возможно, они менее слышны, но имеют, как правило, более широкую частотную полосу, и основной массой сконцентрированы в области наибольшего сосредоточения спектра полезного сигнала. Такие места наиболее эффективно обрабатывать вручную.

Найдите на киноплёнке по таймкоду соответствующий кадр. В лупу можно точно увидеть, в каком месте начинается дефект. Определите на осциллограмме место начала дефекта и окончания дефекта, и выделите фрагмент. Подобрать соответствующий фильтр, обработайте только выделенный фрагмент.

Несомненно, что подготовка оборудования к транскрипции – существенный этап в работе.

Даже сверхсовременные машины телекино имеют большое количество регулировок параметров для перезаписи фонограммы. Многие из них имеют средства для автоматического контроля и автоподстройку. От правильности их работы зависит результат транскрипции, то есть качество рабочей копии, которую используют в дальнейшей работе.

Встроенные функции шумопонижения во время транскрипции необходимо отключить. Нелинейности, которые возникнут в исходной фонограмме в результате работы встроенных средств шумопонижения, значительно сузят возможности реставрации такого материала, а в некоторых случаях могут сделать её невозможной.

Подготавливая машину к работе, внимательно осмотрите оптическую часть считывающего устройства в звуковом модуле. В старых машинах, использующих вращающееся зеркало на барабане тонвала, необходимо его тщательно пропылесосить и промыть спиртом, поскольку любое, даже малозаметное загрязнение приведет к появлению на рабочей копии неприятной шоркающей помехи, повторяющейся с частотой вращения тонвала.

Далее, необходимо убедиться в правильности фокусировки считывающего луча. Фокальная плоскость пучка света должна находиться на поверхности эмульсии киноплёнки, заряженной в машину. Если она смещена вглубь поверхности или в основу киноплёнки – влияние дефектов и пыли на поверхности киноплёнки значительно возрастет. Когда система отрегулирована правильно – небольшие дефекты и царапины на поверхности основы киноплёнки окажутся расфокусированными, и их влияние будет значительно ослаблено или вовсе не скажется на качестве звука.

Несомненно, что азимут щели светового пучка должен быть строго перпендикулярен осевой линии киноплёнки. Стандарт допускает отклонение азимута в пределах не более  $\pm 1$  угловой минуты ( $\approx 0,3$  миллирадиан). Особенно важно точное соответствие этого угла для полутонных и стереотонфильмов. При неправильной настройке азимута ослабляются высокие частоты, а на стереотонфильмах возникают фазовые искажения. Проверку и регулировку азимута световой щели необходимо проводить с использованием специального тестового тонфильма.

Необходимо проверить и качество прилегания киноплёнки к поверхности тонвала. Даже правильно акклиматизированная киноплёнка может быть несколько покоробленной. Это связано с долгим хранением в рулоне и возникшими в ней внутренними напряжениями. Ослабить их можно, несколько раз перемотав её на перемоточном устройстве. Однако, полностью устранить эти внутренние напряжения не удастся. Здесь играет значительную роль натяжение плёнки в процессе транскрипции. Лучше всего установить натяжитель на максимально допустимое для данного типа киноплёнки значение. Но усердствовать не стоит, поскольку при чрезмерном натяжении киноплёнка может оборваться.

Однако значения, близкие к предельному, позволят достичь ровной поверхности киноплёнки в зоне считывающего устройства оптической системы, и избежать провалов по высоким частотам в рабочей копии.

Несмотря на высокую светогерметичность оптической системы, не следует проводить транскрипцию при полной "иллюминации" в студии, особенно если она освещается лампами дневного света. Современные машины телекино имеют специальную крышку из затемненного стекла, которую необходимо закрыть в процессе транскрипции. Это позволит избежать паразитной засветки оптической системы, и значительно ослабит наводку от сети, передаваемую мерцающим светом ламп.

Я уже писал в предыдущих статьях, что предпочитаю цифровые системы реставрации звука. В этой статье мы будем рассматривать работу исключительно цифрового оборудования. Необходимо скоммутировать оборудование, задействованное в процессе транскрипции, напрямую. С аналогового выхода считывающего устройства оптической системы звук должен приходиться непосредственно в аналого-цифровой преобразователь, а далее, уже по цифровому интерфейсу, в рекордер. Если машина снабжена собственным АЦП, следует оценить его качество перед началом работы. Оценку можно провести, записывая фонограмму с киноплёнки, не содержащей звука, и фонограмму тестового тонфильма. Сделайте по два варианта записи "немой" и тестовой

фонограммы. Один – с использованием собственного АЦП машины телекино, второй – подключив внешний АЦП к аналоговым выходам машины телекино.

Рассмотрите осциллограммы записей на компьютере. Особое внимание уделите мелким импульсным помехам на записи "немой" фонограммы. При прочих равных условиях необходимо использовать то устройство, в котором передача высокочастотных импульсных помех с уровнями порядка -50 дБ окажется лучше. Здесь стоит принять во внимание четкость и крутизну фронтов сигнала помехи, размазанность послеследа и амплитуду. Предпочтение стоит отдать тому АЦП, который дает наиболее четкие по форме и максимальные по амплитуде образы таких помех при записи. Вероятнее всего, что частотные и шумовые характеристики обоих преобразователей окажутся практически идентичными, однако передача фронтов может в значительной степени отличаться.

Качество передачи фронтов сигналов для материала, который будет в последствии реставрироваться, играет важное, если не решающее значение. Большинство алгоритмов декликинга как раз реагируют, помимо прочих факторов, на крутизну фронтов и длительность импульсной помехи. Таким образом, получив более четкую картину фронта и спада на записи такой помехи, мы с большей вероятностью заставим декликер отреагировать на неё, как на потенциальный щелчок, и удалить её из обрабатываемой фонограммы. При этом не возникнет необходимости устанавливать чрезмерную чувствительность декликеров, и, как следствие, крутые фронты полезного сигнала останутся практически нетронутыми.

Чем больше импульсных помех на уровнях от -20 до -50 дБ нам удастся удалить декликером, тем более живо и реалистично будет звучать отреставрированная фонограмма. Естественно, речь идет только о помехах, когда ложные срабатывания декликера не затрагивают полезного сигнала. Именно по этой причине важно получить на рабочей копии наиболее четкие образы импульсных помех.

Существует "теория" о том, что, используя старое оборудование для воспроизведения архивных материалов, можно существенно улучшить качество звучания. Мне кажется, что авторы такой "теории" недостаточно глубоко смотрят в суть процессов и изменений, происходящих со звуком во время реставрации. Несомненно, несовершенство механических и электрических средств воспроизведения в некоторой степени является естественным фильтром для части помех. Например, в грамзаписи, проигрывая грампластинку на патефоне, мы не услышим части высокочастотных импульсных помех по причине высокой инерционности механической системы иглодержателя и мембраны. Более того, часть звуков не будет воспроизведена вовсе, поскольку игла проскочит по прямой особенно замысловатые переходы канавки. Вместо щелчков, которые отчетливо и неприятно звучат в процессе проигрывания, но хорошо удаляются декликером, мы получим в записи значительное увеличение общего фонового шума, вызванное неполным огибанием поверхности канавки иглой. Добавьте к этому существенное ухудшение высокочастотной и низкочастотной частей спектра, нелинейные искажения, вызванные инерционностью механической части звукоснимателя и собственных резонансов, – в результате мы получаем запись, совершенно не поддающуюся реставрации. Привнесенного в ней будет столько же, сколько и оригинального. Вылавливать писк комара в шуме реактивного двигателя – неблагоприятное занятие. То же касается и случая, рассматриваемого нами в этой статье.

При транскрипции материалов с тонфильмов не только не следует использовать встроенные средства шумопонижения, но так же необходимо отключить все корректирующие фильтры. Характеристики таких фильтров описаны во множестве руководств и стандартизированы. Применить их к рабочей копии, которую мы снимаем с оригинального материала, можно позже, на заключительных этапах электронной обработки. Более того, цифровые FFT-фильтры позволяют избежать фазовых искажений, присущих аналоговым фильтрам, что тоже положительно скажется на результате реставрации. В случае, если во время транскрипции использовать корректирующие

фильтры, часть спектра полезного сигнала будет понижена до уровней, соизмеримых с шумовыми характеристиками оборудования, применяемого в процессе транскрипции. Таким образом, существенно сузятся возможности по выравниванию АЧХ фонограммы, поскольку попытка усиления части спектра, находившейся в области спада корректирующего фильтра, приведет к усилению собственных шумов оборудования, записанных на носителе вместе с полезным сигналом.

Бытует мнение, что в тонфильмах верхняя граница частотного диапазона находится в пределах 6...7 кГц. Действительно, стандарт для записи оптических фонограмм кино, существовавший в СССР, предполагает при записи оптической фонограммы кино использование фильтров, ограничивающих частотный диапазон по краям. Обычно частота среза устанавливалась в верхней части диапазона в промежутке от 6 до 8 кГц (в зависимости от категории и класса киноматериала) и от 125 Гц в нижней части диапазона.

Естественно, что в те давние годы при записи оптических фонограмм и тонфильмов не могли использоваться цифровые FFT-фильтры, позволяющие получить практически бесконечную крутизну спада. Крутизна спада аналоговых фильтров, используемых для этих целей, редко превышает 6...10 дБ/окт. Шумовые характеристики современного цифрового оборудования позволяют записать звуковые сигналы с динамикой, превышающей 120 дБ. Уровень собственного фонового шума носителя в хорошей сохранности может достигать -60 дБ. Таким образом, мы получаем возможность для существенного обратного "распрямления" частотной характеристики фонограммы. А если принять во внимание, что собственный фоновый шум оригинального носителя можно дополнительно понизить на 6...10 дБ, то реально возникает возможность расширить частотный диапазон оригинальной фонограммы до 14...16 кГц. В результате, если оригинальная фонограмма не имела нелинейных искажений, её звучание после процесса реставрации по техническим параметрам будет трудно отличить от современной записи.

Технологический процесс реставрации можно грубо разделить на несколько этапов, при которых в фонограмму вносятся необратимые (или условно-необратимые) изменения. Необратимость в данном случае носит условный характер, поскольку всегда существует возможность вернуться от последующего этапа работы к предыдущему – либо воспользовавшись функцией UNDO в компьютерных системах, либо снова начав обработку оригинальной записи в системах On-line. Однако, такой "возврат" приводит к перечеркиванию результатов уже проделанной работы. Поэтому, следует разделить весь процесс на ряд повторяющихся основных этапов. Причем, полученный на каждом этапе удовлетворительный результат нужно сохранять до окончания всей работы, чтобы его всегда можно было сравнить с оригинальной записью, а в исключительных случаях вернуться к нему для устранения недостатков или неудовлетворительных необратимых изменений, произошедших с фонограммой на последующих этапах работы.

К таким существенным этапам работы можно отнести:

- восстановление и подготовка к транскрипции оригинального материала;
- транскрипция оригинального материала на современный носитель (изготовление рабочей копии оригинала);
- удаление импульсных помех из рабочей копии;
- удаление широкополосного шума из рабочей копии;
- восстановление АЧХ фонограммы, тонкоррекция и компрессирование, приведение её к современному звучанию.

При реставрации фонограмм для нужд кино добавляются еще два этапа. Первый этап – это пересведение с целью использования фонограммы в современных матричных системах кодирования многоканального воспроизведения звука, и второй этап – собственно переозвучивание по тайм-коду оригинального киновидеоматериала.

Помимо функции резервного копирования, сохранение отдельной копии после очередного этапа работы позволит оценить качество на каждом этапе, выяснить природу некоторых типов артефактов – если таковые проявятся на более поздних этапах работы.

Все этапы работы, начиная со второго, вносят деструктивные изменения в звуковой материал, записанный на оригинальной фонограмме. Поэтому важно иметь возможность возврата к этапу, на котором возникли причины, повлекшие ухудшение или скрытый брак.

По окончании каждого этапа надо сравнить качество звучания первичной рабочей копии оригинала и результата обработки на завершённом этапе. Качественный мониторинг в наушниках и на мониторах ближней и дальней зоны позволит достоверно оценить, не деградировал ли полезный сигнал. Большие реставрационные лаборатории после каждого этапа работы проводят контрольное прослушивание материала и субъективную оценку качества звучания по методам, описанным в первой статье цикла ("Звукорежиссер", 8/2001). Такой подход к реставрации позволяет накапливать статистику, оценивать значимость и качество каждого этапа, сертифицировать работу и присваивать категории звукорежиссерам, работающим в этой области.

Согласитесь, ставить на одну полку тех, кто только что научились нажимать кнопки в простейших звуковых программах, и тех, кто вручную удаляет сотни тысяч щелчков и шумов из фонограмм, было бы несправедливо.

Уже давно признано, что лучший процессор-шумоподаватель - это человеческий слух. До настоящего времени не существует компьютерной программы, способной с таким же качеством оценить и выделить большую часть помех, встречающихся в архивных фонограммах. По этой причине для качественной реставрации совершенно недостаточно просто применить к исходному материалу автоматические фильтры и обработки, имеющиеся сейчас практически в любой звуковой компьютерной программе. Для получения качественного результата на этапе удаления импульсных помех следует разделить работу на два основных этапа.

Первоначально фонограмму можно обработать автоматическими декликерами, всякий раз точно подбирая параметры. Возможно, обрабатывать целиком всю фонограмму несколько раз и не потребуется. Основная часть импульсных помех обычно удаляется после первого прохода подавателя импульсных помех. Самые крупные помехи, с удалением которых подаватель за первый проход не справился, на этом этапе лучше оставить нетронутыми. Второй и последующие проходы целесообразно проводить только в тех местах на фонограмме, где сосредоточена основная масса таких помех, не исправленных в первом проходе. Как правило, после первого прохода остаются мелкие щелчки. Все существующие декликеры устроены одинаково, и состоят из двух модулей: модуль, обнаруживающий импульс помехи, и модуль, корректирующий ее.

Коррекция производится разными способами. Наиболее распространенный - это изучение близлежащих регионов, и интерполяция фрагмента, определенного как помеха. Упрощение интерфейсов программ для декликинга приводит к компромиссу в выборе конкретных параметров при обнаружении помехи. Таким образом, существует вероятность ложного срабатывания алгоритма и замена фрагментов неискаженного сигнала. Это приводит к ухудшению звучания оригинальной фонограммы. Именно поэтому автоматическим программам следует оставлять вычищение только явных импульсных помех.

На втором этапе используются программы, позволяющие более тонко настраивать детектор. Такие программы требуют гораздо большего времени на обработку. Детекторы в них более чувствительны к мгновенным изменениям уровня сигнала и крутизне фронтов и спадов. Однако, применяя их в конкретных регионах (где сосредоточены помехи, не убранные в первом проходе), можно настроить алгоритм детектирования таким образом, чтобы срабатывание происходило только на помехах. Наиболее сложный и тонкий процесс - подбор параметров для обнаружения импульсной помехи. Чем больше параметров помехи содержится в описательной части модуля детектирования, тем выше вероятность того, что модуль сработает именно на импульс, вызывающий у нас звуковое ощущение щелчка или другой импульсной помехи.

В упрощенных системах временные параметры, характер помехи и форма фронта сигнала помехи либо остаются неизменными в процессе подбора чувствительности, либо изменяются в небольших пределах для увеличения числа срабатываний с повышением чувствительности фильтра.

Наиболее сложными для обработки являются фонограммы, в которых импульсные помехи следуют слишком часто. Таким образом, возникает не только сложность с их обнаружением, но и с интерполяционной заменой. Здесь особую роль играет возможность настройки параметров модуля интерполяции. Если после первого прохода остались очень крупные помехи, например следы от монтажных склеек, обрывов пленки, обвалившейся эмульсии или лабораторного брака на оптической дорожке кинопленки, - их так же придется обработать вручную. Здесь универсальную рекомендацию дать невозможно. Просто перечислю методики, которые можно применить, а уж конкретный выбор или комбинирование средств зависит от конкретного случая.

Если длительность помехи превышает полсекунды, и при обработке автоматическим фильтром остается низкочастотная огибающая в регионе, где находилась собственно помеха, - может оказаться, что дополнительная обработка режекторным фильтром, настроенным на соответствующую частоту, позволит избавиться окончательно от следов помехи. В случае, когда алгоритм интерполяции не в состоянии оценить такой длительный импульс и не может правильно заменить его, придется сделать это вручную. Подыщите в близлежащих регионах сигнал, похожий на тот, что находился под помехой, и попробуйте заменить существующий регион с помехой на выбранный вами. При этом из соображений синхронизации длительности регионов (заменяемого и выбранного для замены) должны совпадать идеально, с точностью до семпла. В самых сложных случаях может оказаться, что вырезание помехи дает иллюзию гладкой склейки, но приводит к сокращению общего хронометража. Тогда придется заняться монтажом. Замените помеху на фрагмент с полной тишиной. Затем выделите регион, начинающийся в нескольких кадрах до начала вставленного фрагмента тишины, и заканчивающегося в последнем семпле перед началом этого фрагмента. Рассчитайте по семплам длину выделенного фрагмента, и половину фрагмента тишины. Используя функцию расширения времени с сохранением тональности, удлините выделенный фрагмент до рассчитанного хронометража. Вставьте его в фонограмму таким образом, чтобы начало совпадало с началом выделенного фрагмента, а конец оказался на середине тишины, вставленной вместо помехи. Аналогично, выделите фрагмент, начинающийся в первом семпле, следующем за фрагментом тишины, и заканчивающимся через несколько кадров после фрагмента тишины. Рассчитайте хронометраж в семплах, исходя из длины выделенного региона и длины оставшейся части фрагмента тишины. По аналогии с первым куском используйте функцию расширения времени с сохранением тональности, и удлините выделенный фрагмент до рассчитанного хронометража. Вставьте полученный кусок таким образом, чтобы он заканчивался в месте, где заканчивался регион, выбранный для удлинения.

Если все операции выполнены точно, вставленные фрагменты должны полностью совпасть и перекрыть тишину. Если такая склейка производится не на музыкальном фрагменте, она будет незаметна, да и в некоторых музыкальных фрагментах удастся осуществить такой монтажный трюк без слышимых искажений и модуляций. Если, несмотря на общее положительное впечатление, на границе склейки или вставок все-таки возникнет небольшой щелчок - его нужно удалить ручным декликером.

Более неприятными при прослушивании, и так же трудно поддающиеся автоматическому деклингу, - это часто следующие щелчки длиной около 10...15 семплов (при частотах дискретизации 44,1 и 48 кГц, при больших частотах дискретизации длина помех увеличивается). Здесь, для получения качественного результата, придется вооружиться терпением и усидчивостью, и вручную отрисовать их на осциллограмме.

Хочу сразу заметить, что такая работа потребует громадных усилий. Не всякая программа-звуковой редактор позволяет рассматривать и редактировать звуковые файлы в масштабе, подходящем для такой работы. При следовании таких щелчков с частотой около 2 кГц производительность работы может быть порядка 4...5 секунд в смену. Если не удалить их, придется устанавливать более высокий порог срабатывания фильтров широкополосного шума, и, как следствие, более компромиссно подойти к качеству звучания на последующих этапах работы. Если, не удаляя их, все же попытаться оставить порог срабатывания подавителей широкополосного шума на более низком уровне, то невозможно будет установить большую степень подавления, поскольку именно эти небольшие и часто следующие щелчки приводят к артефактам, носящим "подзвякивающий" характер, и к артефактам, напоминающим звук протаскивания стальной проволоки. Незначительно автоматизировать процесс можно, если выделить часть спектра, в которой сосредоточены эти щелчки, и проводить обработку ручным декликером только в выделенной части спектра сигнала. (Методика разделения и обработки сигнала только в выбранной части спектра подробно описана в первой статье цикла).

Особое внимание следует также уделить обработке шумов, связанных с кавернами, наплывами, неравномерностью оптической плотности эмульсии киноплёнки и лабораторным браком. Эти дефекты, и шумы, вызванные ими, не следует рассматривать как общий фоновый шум, поскольку амплитуда таких помех превышает 15 дБ. Их обработку тоже следует проводить вручную. Часть этих шумов, возможно, удастся убрать декраклерами и подавителями рокота. Но наиболее крупные и четкие все-таки лучше обрабатывать индивидуально. В любом случае, их можно характеризовать как импульсные помехи, поскольку при обработке динамическими фильтрами широкополосного шума именно они приводят к возникновению артефактов.

Вообще, артефакты при понижении фонового шума возникают, как правило, из-за недостаточной очистки импульсных помех. При невозможности углубленной ручной очистки импульсных помех, для достижения большей степени подавления широкополосного шума можно попробовать уменьшить количество линеек фильтра широкополосного шума в той части спектра, в которой сконцентрированы эти импульсные помехи. Таким образом, мгновенная чувствительность фильтра в этой области частот несколько уменьшится и, при правильно подобранных временных характеристиках, он не станет так активно срабатывать при появлении этих помех. Тем самым количество и слышимость артефактов значительно уменьшатся. Это приведет к небольшому подавлению части полезного сигнала в выбранной области спектра, однако, общее впечатление после такой обработки будет гораздо лучше, чем в случае возникновения артефактов.

Во многом результаты реставрационных работ зависят не только от умений и навыков проводящего реставрацию инженера. Здесь важно не только правильно комбинировать средства, имеющиеся в распоряжении, но и критично оценивать результаты работы на отдельных этапах. Не следует пренебрегать "подчистками" после проведения очередного этапа работ. Например, после подавления широкополосного шума часто становятся слышимыми некоторые импульсные помехи, которые ранее были замаскированы общим шумом. В таком случае необходимо провести дополнительный декликеринг. Как правило, оказывается, что его надо проводить вручную. Установление жестких временных рамок для такой работы не ведет к улучшению качества.

Внедрение системы контрольного прослушивания после окончания каждого этапа работ с оценкой качества звучания позволит определить, насколько эффективно были использованы возможности технологии и оборудования. В состав экспертов можно включить и представителя заказчика, чтобы был бы найден компромисс между творчеством и коммерцией.

В любом случае, какой бы успешной не казалась бы реставрация, необходимость вечного хранения оригинала остается. Технология реставрации звукозаписи из года в год совершенствуется. Несомненно, в будущем, с разработкой интеллектуальных систем, откроются новые горизонты, расширяющие практически до бесконечности возможности реставрации звука. Именно работа с оригинальными материальными носителями звукозаписи позволит в полной мере использовать потенциал будущих систем.

Я был бы рад вашим откликам и критическим замечаниям, а так же рассказам о ваших собственных достижениях в области реставрации звука.