

ПСИХОАКУСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ

В последнее время среди звукорежиссеров постоянно возрастает интерес к этому особому, оваянному легендами классу устройств - психоакустическим процессорам. Почему - особому? И почему - оваянному легендами?

Особому - потому, что каждый "обычный" прибор осуществляет какой-либо один вид обработки. Например, компрессор и гейт - осуществляют динамическую обработку входного сигнала, эквалайзер - частотную, и т.д. А практически каждый психоакустический процессор сочетает в себе несколько видов обработки, при этом они - сплошь и рядом - еще и взаимодействуют между собой, и частенько весьма неочевидным образом.

Поэтому же, кстати, возникают и различные легенды. Кто-то слышит (замечает) одно из работающих в реальности нескольких устройств, кто-то другое... Да и плюс еще то, что сами разработчики и изготовители частенько настолько туманно описывают принцип действия и работу предлагаемых ими психоакустических процессоров, что понять что-либо реальное из прилагаемых в комплекте описаний - просто невозможно.

А ведь помимо всего этого, многие из психоакустических процессоров в своей работе используют очень тонкие, не всегда очевидные или просто малоизвестные многим особенности человеческого слуха - такие, как эффект Хааса, эффекты маскировки, интегрирующие свойства слуха, и некоторые другие.

А ряд процессов психоакустической обработки - и вовсе, добавляют ко входному сигналу... его гармоники! Т.е. вместо "положенного" идеально чистого сигнала нашему уху подсовывают заведомо неправильный, "грязный" сигнал. А уши - обманываются, и слушают результирующий сигнал с большим удовольствием, чем исходный, чистый. С точки зрения обиходного "здорового смысла" - это же, вроде, полнейший абсурд? Но - не так все просто. Ведь масса звукопроцессоров, в том числе - самых обычных, имеют просто умопомрачительный коэффициент гармоник. И при этом - звучат более чем великолепно! Например, один из очень дорогих ламповых компрессоров, выпускаемых ныне, имеет для некоторых сигналов коэффициент гармоник около 15%! Так что - "не гармониками едиными"...

И вот все вышеизложенное, плюс большое количество ваших вопросов об этом классе устройств и побудило к написанию этой статьи о психоакустических процессорах. Попробуем вкратце изложить основные сведения о некоторых из них.

Напоследок - одно маленькое "лирическое отступление". Рассказ о психоакустических процессорах попросту невозможен без указания конкретных устройств и их фирм-изготовителей, т.к. большая часть названий этих процессоров не является общепризнанными техническими терминами, а представляет собой имя собственное, придуманное изготовителем и/или изобретателем соответствующего устройства. Поэтому - просим не рассматривать приводимую ниже информацию о них как рекламу!

Энхансер (Enhancer)

Это - один из самых первых психоакустических процессоров. Его родоначальник - нам, к сожалению, неизвестен. Выпускался (и выпускается поныне) он весьма многими фирмами, поэтому привести здесь их полный список - попросту нереально. В нашей стране этот класс устройств, видимо, наиболее давно стал известен по аппаратуре фирмы Alesis. Он позволяет в ряде случаев сделать звучание несколько более четким и "конкретным", звонким. Особенно хорош энхансер для обработки отдельных звуков, преимущественно с резкими атаками (ударные, "железо", и т.д.).

Однако - до сих пор многие весьма смутно представляют себе его работу. Между тем, ничего сложного и таинственного в нем нет. По сути - это гейт (или экспандер - как вам больше нравится) - но работающий только в высокочастотной области спектра звуковых сигналов. Обобщенная структурная схема большей части энхансеров приведена на рис.1.

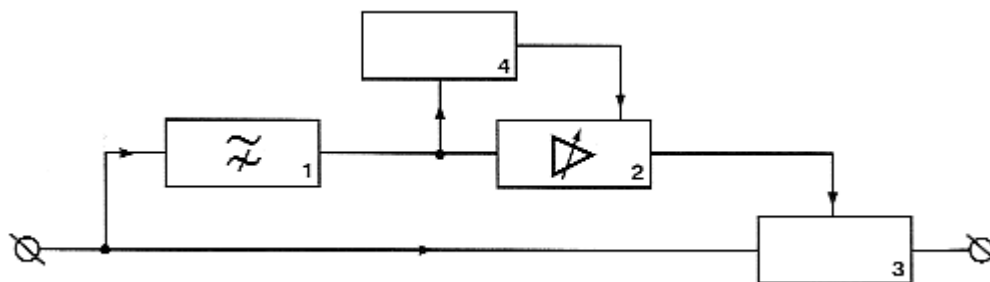


Рис.1.

- 1 - фильтр высоких частот (ФВЧ);
- 2 - управляющий элемент (VCA);
- 3 - сумматор;
- 4 - блок управления.

Входной сигнал энхансера поступает на фильтр (1), выделяющий из всего звукового спектра только его высокочастотные составляющие. Затем этот отфильтрованный сигнал поступает на элемент (2), осуществляющий управление его амплитудой, после чего в сумматоре (3) добавляется (подмешивается) к исходному сигналу.

Управляющее напряжение для VCA вырабатывается блоком управления (4) на основе анализа ВЧ-составляющих входного сигнала.

Различные модели энхансеров отличаются между собой главным образом характеристиками фильтров ФВЧ, и алгоритмом работы и управления. (Следует однако заметить, что, несмотря на возможные различия, все - без исключения! - энхансеры работают только "в плюс", т.е. могут только увеличивать долю ВЧ-составляющих в суммарном выходном сигнале.)

Отличия в алгоритмах работы энхансеров разных фирм и моделей заключаются, в основном, в том, как именно блок управления реагирует на входной сигнал. Некоторые модели реагируют просто по принципу "есть ВЧ - нет ВЧ", т.е. если на входе есть ВЧ-составляющие, то их уровень энхансером дополнительно еще увеличивается, если же их нет - то энхансер не оказывает никакого воздействия на входной сигнал.

В более сложных моделях - блок управления реагирует не на саму величину ВЧ-составляющих входного сигнала, а только на ее увеличение. При этом в момент резкого нарастания ВЧ-составляющих на входе энхансера (и только в этот момент!) - их уровень на выходе на короткое время также увеличивается.

Это позволяет сделать работу энхансера менее заметной на слух, и более "живой" - ведь при этом обостряются, становятся более четкими только моменты атаки ударных инструментов, а на общий сигнал его работа практически оказывает очень мало влияния. Благодаря этому лучше прорабатываются мелкие детали звуковой картины, звучание становится более акцентированным, проработанным.

Максимайзер (Sonic Maximizer)

Это устройство, разработанное фирмой ВВЕ, лет 10 назад имело во многих отечественных студиях прямо-таки фантастическую популярность. Доходило даже до высказываний типа: "- Что?! У вас в студии нет максимайзера??? Что ж это тогда за студия-то?.." Затем постепенно интерес стал сходить на нет, и сейчас уже крайне редко где его можно встретить.

Во многом причины такой "скоропостижной смерти" кроются в непонимании и незнании возможностей этого прибора, обусловленном крайне неудачным его мануалом, носящим скорее рекламный характер, и мало что говорящим о его реальной конструкции и принципах действия. Постараемся в меру своих возможностей рассказать об этом, основываясь, в том числе, и на результатах собственных исследований.

В своей основе Sonic Maximizer несколько похож на "классический" энхансер, но - только несколько. Главное его отличие заключается в том, что максимайзер может работать как "в плюс", так и "в минус".

По структурной схеме Sonic Maximizer - это два обычных, типа "shelf", регулятора тембра по НЧ и по ВЧ. Но при этом регулятор НЧ, носящий здесь почему-то весьма гордо-загадочное имя "Low Contour" - самый обычный, который вы можете крутить сами, сколько хотите. А вот к регулятору ВЧ - пользователь не имеет непосредственного доступа, им управляет схема. Вы можете лишь устанавливать уровень ее вмешательства с помощью регулятора "Definition" - четкость.

Примерная упрощенная структурная схема максимайзера показана на рис.2.

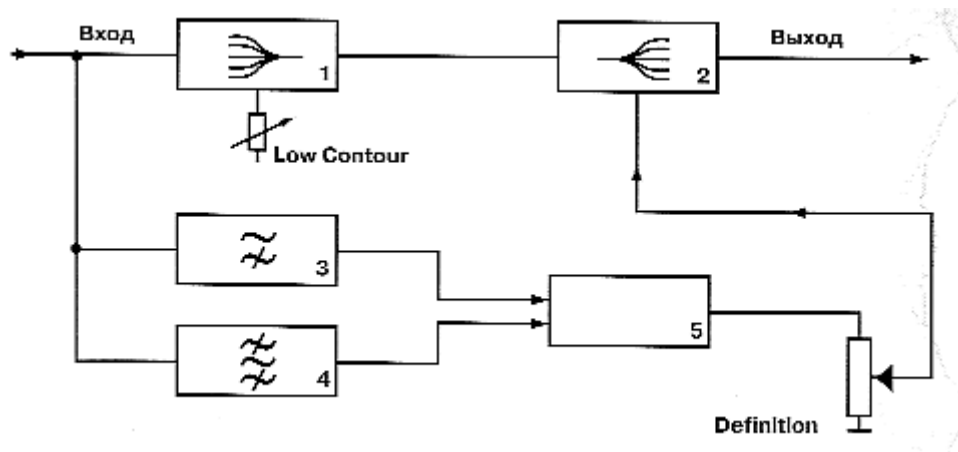


Рис.2.

- 1 - регулятор тембра НЧ;
- 2 - регулятор тембра ВЧ;
- 3 - Фильтр ВЧ;
- 4 - полосовой фильтр ПФ;
- 5 - блок управления.

Сигнал со входа устройства поступает на регуляторы тембра, и одновременно - на два фильтра, ВЧ (3) и полосовой(4). При этом ФВЧ, соответственно своему названию, выделяет только высокочастотные составляющие, а полосовой фильтр ПФ - среднечастотные, лежащие ниже полосы пропускания ФВЧ. Сигналы этих двух полос звуковых частот поступают в блок управления (5), который сравнивает их величины, и на основе этого сравнения решает, что делать с ВЧ - поднимать или ослаблять.

Т.е. если прибор решит, что во входном сигнале уровень ВЧ слишком "задран" относительно середины, то он даст команду регулятору тембра ВЧ "ослабить" верха, если же наоборот - середина излишне "задрана", а верх слишком слаб - то поступит команда на подъем ВЧ. Регулировка эта осуществляется, правда, не скачком, а пропорционально разнице уровней СЧ и ВЧ.

Каким же именно образом осуществляется эта регулировка - повторимся - решает опять же максимайзер, а не вы. Вы можете только установить предел глубины этой регулировки регулятором "Definition" - четкость. Между собой различные модели максимайзеров отличаются, главным образом, частотами раздела фильтров СЧ/ВЧ и динамическими характеристиками цепей управления. Работу регулятора тембра ВЧ индицируют светодиоды со значком (почему-то) фазы, указывающие, что сейчас происходит - подъем ВЧ (+Ф) , или завал (-Ф).

Так как за вас все решает "тупая железка", то это устройство очень легко и часто обманывается. Например, попробуйте подать ему на вход среднечастотный сигнал (типа, скажем, флейты) - и послушайте результат. Шок - вам гарантирован! (Впрочем, это может произойти почти всегда, если использовать любое устройство не по назначению...)

Очевидно, что наилучшее применение максимайзера ("железного", не путать с компьютерным Plug-in!) - это корректирование баланса различных, уже готовых и сведенных фонограмм, для приведения их к "единообразному" характеру звучания, или же обработка любых иных широкополосных сигналов.

Виталайзер (Vitalizer)

Это - еще одно устройство, окутанное дымкой легенд... При этом их спектр весьма широк, от абсолютной веры во всемогущество виталайзера - до почти полного его неприятия. Между тем этот прибор, разработанный и выпускаемый немецкой фирмой SPL, вполне достойное устройство, если (опять же!) применять его по назначению, и не требовать от него невозможного, выходящего за пределы его конструктивного предназначения.

Виталайзеры выпускаются этой фирмой в нескольких моделях и под разными названиями, от "просто" Vitalizer до такого "страшного" названия, как Psycho Dynamic Processor - "Психодинамический процессор".

Однако реальные различия между ними (кроме отдельных или совмещенных стереоканалов а также разноименных и частенько "заумных" надписей на одинаковых и простых по своей сути регуляторах) - заключаются только в несколько отличающихся номиналах частотозадающих цепей. Поэтому ограничимся здесь рассмотрением лишь одной модели, с наиболее понятной лицевой панелью.

Его (Виталайзера) структурная схема здесь не приводится, т.к. все они, имеющиеся в фирменных мануалах, предназначены скорее для того, чтобы скрыть истинное устройство данного прибора (увы!), чем для того, чтобы более-менее понятно объяснить его. Поэтому попробуем описать его устройство просто словами.

Эта модель - Stereo Vitalizer - включает в себя довольно своеобразный "психоакустический эквалайзер" и так называемый Surround-Processor. Последний - представляет из себя достаточно тривиальный расширитель стереобазы, хорошо всем знакомый, и, видимо, его рассмотрение здесь не имеет большого смысла. А вот на эквалайзере целесообразно остановиться поподробнее.

Он состоит из двух частей, действующих практически независимо одна от другой. Общее у них только то, что, помимо отдельных регуляторов на различные полосы спектра, есть и общий регулятор Process, устанавливающий глубину влияния сразу всех темброобразующих цепей на обрабатываемый сигнал.

Это достигается благодаря тому, что в Vitalizer применен так называемый "параллельный" принцип построения тракта обработки. При этом различные частотные составляющие сигнала эффектов сначала суммируются между собой, и только затем - добавляются к исходному сигналу. (Об этом принципе мы, возможно, расскажем подробнее когда-нибудь попозже, здесь же - не будем углубляться в излишние тонкости.)

Итак - регулятор НЧ "Bass". Его отличие от обычных - это то, что, во-первых, он работает только "в плюс", т.е. на подъем. Независимо от того, куда повернут от нулевого положения, вправо или влево. Во - вторых, в зависимости от направления вращения этого регулятора, сигнал НЧ-составляющих подмешивается к исходному сигналу то синфазно, то противофазно.

(Естественно, что во втором случае - сначала происходит ослабление НЧ, и только при дальнейшем вращении этого регулятора в том же направлении - начинается подъем НЧ.) Очевидно, что результирующая АЧХ при этом будет существенно отличаться от получающейся в первом случае.

Кроме различия в АЧХ, проявляются и различия в ФЧХ. Во втором случае (сложение с противофазой) - фаза результирующего сигнала на низких частотах отстает (запаздывает) от соответствующей фазы во входном сигнале, что в ряде случаев может использоваться для корректировки временного положения в общей звуковой картине звучания отдельных инструментов, имеющих преимущественно низкочастотный спектр. Т.е. можно несколько "раздвинуть", к примеру, звучание бас-гитары и бочки, или наоборот - совместить их, исходя из того, что в данный момент вам необходимо.

Регулировка тембра на средних и высоких частотах в Виталайзере осуществляется двумя регуляторами - Mid-High Tune и Harmonics.

Первый из этих регуляторов - это регулятор тембра по ВЧ, однако весьма необычный. Дело в том, что, в силу особой конструкции Виталайзера при установке общего регулятора Process в максимальное положение - результирующая АЧХ приобретает плавный, пологий спад в направлении от низких частот к высоким, т.е. чем выше частота входного сигнала - тем более он ослабляется на выходе. Правда, максимальная величина этого ослабления невелика, и составляет около 6дБ. Упомянутый же регулятор Mid-High Tune позволяет поднимать самые высокие частоты, начиная от частоты (примерно) около 20кГц, и... вниз! Единственный момент, который делает работу с всеми Виталайзерами несколько непривычной - это то, что регулятор Mid-High Tune установлен "с точностью до наоборот". Т.е. крайнее левое его положение соответствует подъему самых верхних частот, а крайнее правое - наоборот, самых низких.

Этот регулятор, по сути, представляет собой электронный аналог резонансного контура, настроенного на частоту 24кГц. И изменение полосы частот, в которых осуществляется коррекция АЧХ, производится путем изменения добротности этого контура, а не частоты его настройки! При его высокой добротности - осуществляется подъем только наивысших частот звукового спектра, который лишь чуть затрагивается достаточно узкой резонансной кривой этого контура.

При снижении добротности (повороте ручки Mid-High Tune в сторону более низких частот) - полоса "захватываемых" этим контуром частот расширяется вниз, и осуществляется подъем не только наивысших составляющих спектра, но и более низких.

Таким образом, при использовании этого регулятора удается поднять самые верхние частоты, и одновременно - ослабить уровень "верхней середины", которая столь часто нам досаждала во многих отечественных записях. Кстати - сильно удивленные этим нередким и весьма своеобразным дефектом наших звукозаписей, западные звукорежиссеры даже придумали особый термин для его обозначения - "русские 6кГц"! Пожалуй, это - единственный термин, которым отечественная звукозапись обогатила международный профессиональный лексикон...

Однако, мы несколько отвлеклись. Еще один регулятор, входящий в состав Виталайзера - это ручка Harmonics. Это - регулятор уровня выходного сигнала встроенного в Виталайзер эксайтера, подмешиваемого в общий сигнал эффекта. Вообще-то этот эксайтер - один из самых простейших, и кроме регулятора уровня имеет только регулятор частоты настройки, совмещенный физически с ручкой регулятора Mid-High Tune.

Все остальные модели Виталайзеров имеют еще дополнительно и кнопку Solo, позволяющую снимать с него только сигнал эффекта и осуществлять смешивание его с прямым сигналом во внешних устройствах - например, в микшерном пульте.

Эксайтер (Exciter)

С момента своего появления в конце 70-х годов эксайтер был и остается самым популярным в мире психоакустическим процессором. Можно сказать, что с него собственно, и началась эра психоакустических процессоров. Сейчас нет ни одной уважающей себя фирмы, которая не выпускала бы как минимум одной модели эксайтера. К сожалению, в нашей стране ему "не повезло" - в отличие от многих других приборов, эксайтер и поныне не слишком известен широкому кругу звукорежиссеров. Так что же это за зверь такой - эксайтер?

Выпускаемые, кроме своего "родоначальника", американской фирмы APHEX, еще многими фирмами, эти приборы имеют во многом схожие структуры. Однако большинство опубликованных в открытой печати их структурных схем имеют множество случайных (или преднамеренных - кто знает?) ошибок, поэтому ниже приведена блок-схема эксайтера, выпускаемого московской фирмой LONG, а попросту говоря - нами... :))

Внимание - публикуется впервые! (Что поделаешь - "искусство требует жертв"!)

От наиболее известного в нашей стране эксайтера (видимо, им является Aural Exciter тип С производства APHEX) эта модель отличается существенно более широким набором пользовательских функций.

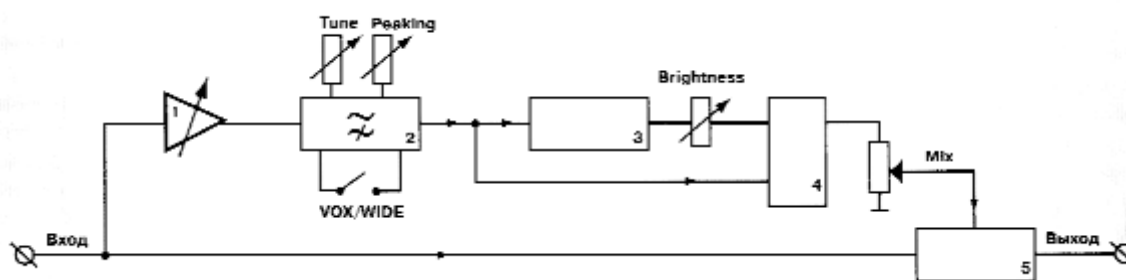


Рис.3.

- 1 - входной регулируемый усилитель;
- 2 - специальный фильтр ВЧ;
- 3 - генератор гармоник;
- 4 - сумматор сигнала эффекта;
- 5 - выходной сумматор.

Поступающий на вход эксайтера сигнал разветвляется на два: один из них поступает непосредственно на выходной сумматор, а второй направляется в цепи обработки, после которых он добавляется к прямому, необработанному сигналу. (Эксайтер, так же как и рассмотренный выше Виталайзер, тоже построен по параллельному принципу.)

В цепи обработки сигнал вначале поступает на входной регулируемый усилитель (1), с помощью которого можно подобрать необходимую вам величину загрузки (уровень возбуждения) генератора гармоник (3), находящегося после специального фильтра ВЧ (2). Этот фильтр имеет особые АЧХ и ФЧХ, позволяющие при дальнейшем суммировании обработанного и прямого сигналов получить "растяжку" коротких импульсов, и как следствие - несколько увеличить их субъективно воспринимаемую громкость.

В фильтре имеется регулятор частоты настройки Tune, позволяющий выбрать для обработки желаемую часть спектра входного звукового сигнала, и регулятор добротности Peaking, позволяющий создать дополнительный акцент в звучании. Кроме этих регуляторов, в фильтре имеется переключатель Vox/Wide, кардинальным образом изменяющий характер работы и, соответственно, звучания эксайтера, особенно в области средних частот.

Прошедший фильтрацию сигнал опять, в свою очередь, разветвляется на два. Один поступает прямо на сумматор сигнала эффекта (4), а второй - подается на управление генератором гармоник (3). Вот как раз в этом генераторе (он - также состоит из нескольких узлов, но, чтобы не слишком морочить вам голову излишними мелочами, мы эти подробности здесь опускаем) на основе информации, извлекаемой из входного сигнала, и осуществляется самое главное - генерация высших гармоник. При этом синтезируется, главным образом, вторая гармоника - как самая благозвучная (октава, самый чистый музыкальный интервал!), а также еще некоторые, но существенно меньшей амплитуды.

Синтезированные здесь гармоники подаются на сумматор сигнала эффекта (4) через регулятор Brightness, позволяющий установить желаемую их величину в общем сигнале эффекта.

Затем - полностью сформированный, этот сигнал с помощью регулятора Mix подмешивается к исходному (входному) сигналу в выходном сумматоре (5). Упомянутой ручкой Mix вы устанавливаете желаемую величину получаемого эффекта действия эксайтера.

По звуку - эксайтер относится к той, любимой профессиональными звукорежиссерами группе устройств, работа которых незаметна - до тех пор, пока их не выключишь. Производимый им эффект нагляднее всего описывается так: занавесьте ваши студийные мониторы одеялом и включите звук. Н-да...

А теперь - снимите одеяло. Лучше? То-то же! Эксайтер действует очень похоже - при его включении из звука уходят "ватность" и муть, звучание становится четким и прозрачным.

Так как действие его основано на довольно сложном процессе, учитывающем комплексный характер восприятия звуков человеческим ухом, то в силу сложности этого процесса его принципиально невозможно охарактеризовать с помощью цифр. Вот поэтому все попытки как то охарактеризовать производимый эксайтером (да и не только им) эффект носят преимущественно описательный характер.

Кстати - это вообще одна из отличительных черт всех психоакустических процессоров, невозможность с помощью любого набора каких-либо цифровых параметров описать их работу. Поэтому не удивляйтесь, если в рекламных материалах - или даже в самом мануале на приглянувшийся вам процессор - вы найдете кучу абсолютно не нужных вам цифр (типа веса, размеров, потребляемой мощности и т.д.), и не найдете практически ни одной цифры, характеризующей то единственное, что вас на самом деле интересует - звук. В случае с эксайтером - единственная цифра, имеющая "отношение к делу", это диапазон перестройки (частота настройки) фильтра. В большинстве моделей это диапазон от 700 Гц до 7кГц, в описанном выше приборе - пределы регулирования несколько шире, от 450Гц до 8кГц.

Применение эксайтера придает прозрачность и четкость любому звучанию, при его включении звук как бы "раскрывается". Значительно улучшаются проработка и восприятие мельчайших деталей и нюансов звукового сигнала, звук становится живым и естественным, начинает "дышать". Вокал после обработки его эксайтером приобретает повышенную четкость и полетность, ударные инструменты (особенно "железо") - начинают звучать лучше, чем "живые".

А акустическая гитара с эксайтером - это же просто мечта! (Услышите - убедитесь!) Применив эксайтер для обработки суммарного сигнала на концерте, вы удивитесь, как изумительно, оказывается, может звучать ваша PA-система. Практически не существует ни одного музыкального инструмента или звуковоспроизводящей системы, звучание которых нельзя было бы улучшить эксайтером!

Спектральный процессор фирмы Долби (Dolby Spectral Processor)

Еще один очень интересный прибор, который просто необходимо упомянуть в этом обзоре. Он выпускается всего одной модели, но номер у нее почему-то аж 740! (Model 740). Не правда ли, больше всего напоминает известное выражение Генри Форда : - "у меня вы можете купить машину любой модели и любого цвета, при условии, что это будет модель Форд-Т черного цвета"? Кстати - по большей части лицевая панель у 740-й модели действительно, имеет именно черный цвет...

Этот процессор по своей сути является одной из разновидностей многополосных компрессоров, поэтому - вроде бы - не совсем корректно рассматривать его в этом обзоре. Скорее уж надо б его в обзор компрессоров, наверное? На первый взгляд верно, но не совсем. Причина этого в том, что он обрабатывает только сигналы низкого уровня, и абсолютно не затрагивает сильные сигналы. А вся психоакустика как раз и имеет дело преимущественно со слабыми сигналами. Кстати - ведь и вообще вся основная продукция фирмы Dolby (компандерные системы шумоподавления для звукозаписи) осуществляет изменения именно в области слабых сигналов.

По утверждению фирмы, при разработке этого процессора ими был использован опыт работы со слабыми сигналами, накопленный в процессе работы по созданию системы шумоподавления Dolby SR. Второе название Dolby Spectral Processor Model 740 - это "Low-level EQ", низкоуровневый эквалайзер.

Прибор содержит два идентичных канала, с возможностью их объединения в стереопару (Stereo-Link). Каждый канал включает в себя трехполосный кроссовер с регулируемыми частотами раздела, от 75Гц до 1кГц для раздела НЧ/СЧ, и от 500Гц до 8кГц - для разделения СЧ/ВЧ.

В каждой полосе включен особый компрессор. Подробности его устройства, к сожалению, фирмой не раскрываются, так же как и его характеристики.

Для трех компрессоров каждого канала имеется один, общий для всех регулятор порога срабатывания, от (-60дБ) до (-40дБ). При работе компрессора сигналы с уровнями ниже пороговых могут подниматься (усиливаться) на величину вплоть до 20дБ. Величину требуемого максимального подъема вы можете установить сами, с помощью отдельных для каждой полосы регуляторов. При этом все сигналы, имеющие больший уровень - абсолютно не затрагиваются!

Это позволяет эффективно "вытащить" даже самые мелкие детали звуковой картины, которые часто маскируются сильными звуками, и попросту теряются на их фоне. Кроме этого, следует учитывать еще и тот факт, что для слабых звуков АЧХ слуха существенно нелинейна, т.е. слабые низко- и высокочастотные составляющие могут просто пропасть, независимо ни от чего. Пример этого можно наблюдать на затихающих концовках песен - ведь на фэйдах

первыми пропадают именно сигналы, лежащие на краях звукового диапазона. Dolby Spectral Processor поможет и здесь, сделав ваши фэйды более ровными, не изменяющими свою тембральную окраску даже в самых тихих местах!

Дополнительным плюсом в этом процессоре является то, что он совершенно не изменяет максимального уровня вашего сигнала.

Помимо же всего описанного, в процессор встроен и шумоподавитель - классического типа, со скользящим (следающим) фильтром. Конечно, не следует ожидать от него выдающихся результатов при попытке очистить им фонограммы от сильных шумов, ведь сама фирма называет этот шумоподавитель "нежным". Да и предназначен он, главным образом, для уменьшения уровня шумов, которые может "вытащить" в процессе своей работы сам процессор, при подъеме им слабых сигналов.

После обработки этим процессором звук становится более конкретным, различимым даже в мельчайших деталях. При этом общая динамика сигнала практически не затрагивается, не изменяется характер переходных процессов на атаках музыкальных инструментов, но само звучание приобретает плотность и "сочность", улучшается даже восприятие реверберации, особенно в тихих местах.