

# Д О М А Ш Н Ы ЧТО ДЕЛАТЬ С ВИНИЛОМ?

# ЗВУК

Михаил Остапенко

Темп жизни современного мира оставляет все меньше возможностей для передышки, люди тонут в море информации, они все время не успевают, они все время "в цейтноте". Эта атмосфера технологической гонки оказалась благодатной средой для насаждения быстрых и конвейерно-технологичных изобретений, в стиле американских точек "быстрого питания" или вещей одноразового использования, которые дьявольски незаметно стали подменять и вытеснять истинные ценности. На уровне подсознания насаждается слепая вера в безудержно беспредельное технотронное развитие, которое, якобы, и есть спаситель человечества. Удобство, компактность и доступность стали символами наступившей эры. Все красивое, помпезное и...бездушное. Голливуд заменяет книги, виртуальная реальность - общение с живой природой и реальными друзьями. Все направлено на формирование среднестатистической личности с очень поверхностными и примитивными суждениями, но жаждущей все новых "фантастических" изделий и услуг. Это отвлекает от действительности и убивает в человеке его внутренний мир и культуру восприятия качества окружающей жизни. Воспитание вкуса - это большая внутренняя работа. Но когда все силы и время уходят на зарабатывание денег и на их трату на отчаянных потугах приобщиться к "клубной жизни" под звуки кислотных ритмов, о какой культуре можно говорить? Народ начинает покупать совершенно безликую аудиотехнику и слушать компрессированную MPEG-музыку через Интернет. Глубокие внутренние переживания, эмоции, благодаря которым человек духовно совершенствуется, при этом невозможны. А между тем, основе любого созидания лежит искренняя любовь. Музыка требует особой любви. Музыка не является прикладной забавой, это одна из основ духовности цивилизации на Земле. Восприятие музыки представляет собой интеллектуальный процесс, требующий вовлеченности и страсти.

## Носитель сигналов или хранилище духовных ценностей?

Всего четверть века назад, пожалуй, единственным эффективным способом сохранить звуковую информацию - была аналоговая запись: - магнитная и механическая. Затем мир захлестнула волна цифровых технологий, агрессивно проникающих во все сферы жизни. Несмотря на то, первые цифровые аудио компакт диски и устройства для их воспроизведения звучали отвратительно, появления стандарта CDDA оказалось очень своевременным, с коммерческой точки зрения. Простота в обращении, небольшие размеры, заявленный динамический диапазон и отсутствие шума в паузах казались невероятными и сразу околдовали массового потребителя слушавшего музыку всуе. Аналоговые носители стали восприниматься как что-то архаично - неуклюжее и бесполезное... К сожалению, потенциальные преимущества звукового компакт диска сыграли с ним злую шутку. Стремительное коммерческое распространение компакт дисков сначала не потребовало, а потом просто не позволило своевременно избавиться стандарт CDDA от детских болезней, в том числе низкой частоты дискретизации, 16-битного квантования, несовершенства алгоритма коррекции ошибок. Однако эйфория цифрового звука оказалась недолговечной... Компакт диски звучат недостаточно эмоционально, порой безжизненно. Производители аппаратуры пытаются улучшить качество воспроизведения компакт дисков, применяя разнообразные схемотехнические ухищрения. Но, пока еще, современный уровень развития цифровых аудиотехнологий не позволяет приблизиться к живому звучанию. Собственно, вообще нет уверенности в том, что даже в будущем удастся полноценно воспроизвести звук в "цифре". В природе любые процессы плавно перетекают друг в друга, пусть даже в течение бесконечно малого промежутка времени. Звук, будучи неотъемлемой частью окружающего нас мира, представляет собой настолько сложную материю, что до сих пор нет досконального математического описания всех процессов, связанных с ним. Возможно,

дискретная сущность цифровых технологий так и останется в противоречии с природой. И как далеко не зашло развитие цифровых носителей звука, они рискуют навсегда остаться пусть виртуозно сделанным, но протезом музыкального звучания.

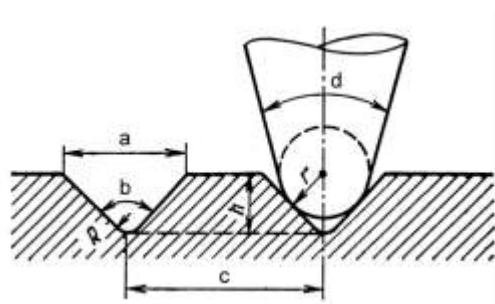
Не удивительно, что сегодня во всем мире резко возрос интерес к аналоговой записи на виниловых дисках. История развития механической звукозаписи насчитывает более 100 лет. Это время она претерпела много изменений, но не потеряла главного и неоспоримого преимущества: способности без потерь донести до слушателя эмоции и индивидуальность артиста. В отличие от неодоушевленного цифрового звука, рано или поздно вызывающего утомление даже при прослушивании на очень дорогой аппаратуре, винил позволяет слушателю раствориться в музыке, почувствовать мистическое единство звука и тишины, перенестись в атмосферу прошлого.

## Взгляд ближе

Когда компакт диски начали массово завоевывать мировые рынки, потребителям стали тонко воздействовать на подсознание, внушая пренебрежение к "вертушкам" и "винулу". Формировался образ интегрированной в музыкальный центр пластмассовой вертушки с легким штампованным диском, который годился, разве что, в качестве тарелки в придорожной шашлычной. Комплектовались такие "проигрыватели" убогими хлипкими тонармами с одноразовыми легкоъемными (P-mount) головками. Они были "компактны и доступны", но невероятно корежили звук, что окончательно убеждало потребителя в никчемности грампластинок. Однако все это имело мало общего с настоящими проигрывателями винила.

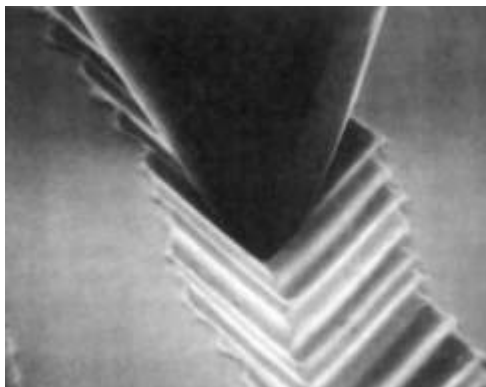
Что же представляет собой современная система воспроизведения механической записи? Основные составляющие те же, что и в конце 70-х, во времена расцвета винила: стол (turntable), тонарм (tonearm), головка звукоснимателя (cartridge) и собственно сам виниловый диск или LP. Однако при всей кажущейся простоте это точнейшая электромеханическая система.

Для того чтобы прочувствовать все тонкости этой системы, нам было бы неплохо на время уменьшиться в размерах раз эдак в 200 и посмотреть на виниловую пластинку "в непосредственной близости". Но поскольку это невозможно, придется напрячь свое воображение и аналитические способности и, опираясь на цифры и схемы, приступить к детальному изучению вопроса.



На рисунке изображен увеличенный разрез грампластинки и иглы. Для начала напомним, что толщина человеческого волоса примерно 75 мкм. Ширина модулированной канавки (a) составляет всего лишь от 30 до 120 мкм. Угол раскрытия канавки (b) 90°. Радиус дна канавки меньше восьми (!) микрон, глубина канавок (h) и расстояние между (c) ними колеблется в зависимости от типа и плотности записи. Радиус кончика иглы (r) в среднем 10 - 20 мкм. При таких микроскопических линейных размерах совершенно невероятным кажется максимальное ускорение, испытываемое иглой на пиках модуляции. Расчеты показывают, что на внешних канавках стандартной пластинки на 33 1/3 об/мин при поперечных колебаниях, связанных с

огибанием рельефа канавки игла испытывает ускорение, превышающее 400g !



Так выглядит игла звукоснимателя в канавке пластинки при многократном увеличении.

Эти цифры показывают, сколь деликатна и противоречива механика взаимодействия грампластинки и считывающего устройства. В таких условиях детали проигрывателя должны соответствовать жестким требованиям точности и прочности. Кроме того, любое высококачественное звуковое воспроизводящее устройство звучит только тогда, когда его создатель относится к нему как к музыкальному инструменту, а не просто электронно-механическому прибору. Очень критичным является подбор материалов, поскольку разные сочетания дают определенную окраску и характер звука, обогащая его, либо делая совершенно непривлекательным. В своих поисках идеального звучания конструкторы проигрывателей соединяют тонкий инженерный расчет и абсолютно эзотерические решения. Как правило, это дает искомый результат, однако не способствует удешевлению системы. Увы, продвижение к высотам качества в любой области человеческой жизни требует значительных эмоциональных, физических и материальных затрат.

## СТОЛ

Неискушенные люди думают, что единственная задача стола - вращение грампластинки. На самом деле стол в такой же степени влияет на получаемый звук, как тонарм и головка звукоснимателя, и их правильный взаимный подбор определяет достигаемый результат.

Поскольку все компоненты проигрывателя и сама грампластинка механически связаны между собой, любые посторонние вибрации воздействуют на иглу и в результате ухудшают качество звука. Основных источников таких вибраций четыре: акустическая обратная связь, вибрации стен и пола помещения (передающиеся через стойку или подставку), вибрации механических частей самого проигрывателя (двигатель, узел подшипника) и опосредованное воздействие на тонарм рельефа канавки и неровностей грампластинки. Для того чтобы правильно передать колебания от рельефа канавок необходимо свести к минимуму все паразитные вибрации и собственные резонансы стола.

В настоящее время наиболее распространенной является конструкция с применением мягкого подвеса субшасси (sub-chassis), на котором установлены узел подшипника (bearing assembly), диск (platter), площадка для тонарма (armboard) и тонарм.

Рассмотрим эту схему на примере стола Gyrodeck известной английской фирмы J.A. Michell Engineering Ltd. Основание (base) выполнено из акрила, в нем закреплены три опорных стержня. Снизу на них навинчиваются ножки-конусы, а сверху - узлы пружинной подвески субшасси, которое изготовлено методом прецизионного литья. Во внутренних полостях субшасси через вязкие демпфирующие прокладки закреплены литые грузы для увеличения массы.



Gyrodeck Spider Edition

Площадки для установки тонарма могут изготавливаться под различные установочные размеры тонармов, что позволяет подобрать и установить практически любой тонарм по желанию. В Gyrodeck площадка выполнена из алюминиевого сплава и устанавливается на субшасси через пластиковые проставки.



Площадка для тонарма (armboard)

Подвеска состоит из трех конусных пружин с переменным шагом. Резьбовая втулка позволяет регулировать высоту. Опорные шайбы состоят из металлической и фторопластовой частей.



В проигрывателях фирмы SME в качестве подвеса применяются резиновые кольца.



Проигрыватель SME 20

Таким образом, упругая подвеска субшасси обеспечивает практически полную изоляцию чувствительных элементов проигрывателя от внешних вибраций. Кроме этого может применяться дополнительная развязка, как, например, в столе Orbe фирмы J.A.Michell Engineering Ltd. В данном случае основание состоит из двух акриловых плит. Верхняя опирается на нижнюю через микроконусы, а опорные стержни не цельные и не проходят сквозь основание стола.



JA Michell Orbe

Подвес может включать дополнительные демпфирующие элементы, гасящие колебания в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Это решение применяется в столах С.Е.С., но единого мнения о целесообразности такой схемы нет, так как дополнительные демпферы повышают жесткость подвеса.

Некоторые производители считают, что мягкий подвес все же не решает проблему полностью, т.к. любые упругие элементы вносят едва заметную дополнительную окраску звучания. В связи с этим существует другой класс столов - без подвески. Основная идея состоит в том, что основание стола имеет большую массу, в несколько десятков килограммов, что и позволяет противостоять вибрациям. Например, в проигрывателе S7 английской фирмы Simon Yorke Designs масса основания порядка 25 кг и вдобавок весь проигрыватель покоится на массивной плите из итальянского сланца.



Simon Yorke Designs S7

## Диск

Помимо иголки звукоснимателя только диск стола является деталью проигрывателя, находящейся в непосредственном контакте с носителем - виниловой пластинкой. Поэтому



виброакустические свойства диска оказывают сильное влияние на общий характер звучания системы. Здесь решающую роль играет подбор материала, из которого изготовлен диск, и его механическое взаимодействие с материалом грампластинки. Одним из наиболее удачных считается сложный композит, включающий в себя углепластик, винил и акрил. Именно из такого материала изготавливаются диски проигрывателей Michell.

Для поддержания идеальной равномерности вращения пластинки диск должен обладать большой инерционностью, иными словами выполнять функции маховика. Это достигается увеличением массы диска и распределением ее у внешнего края. Кроме этого важна точность изготовления и балансировки диска.

Нередко на диск кладется специальный мат из резины или полимера. В зависимости от материала диска это может оказать положительное влияние на характер звука, но при ошибочном подборе может привести к "ватности" звука, потере артикуляции низких частот и размазыванию фронтов звуковой картины.

Обязательной деталью Hi-End стола является осевой прижим пластинки (clamp). Во-первых, прижатая к центру диска пластинка "разглаживается", уменьшаются волнообразные неровности коробленных виниловых дисков. Во-вторых, пластинка становится как бы единым целым с диском проигрывателя, что исключает ее собственные колебания.

Прижимы бывают трех основных видов:

- а) "пассивный" тяжелый прижим, который просто кладется сверху на диск, центровка обеспечивается вхождением направляющего шпинделя диска в отверстие в прижиме;
- б) универсальный прижим с цанговым зажимом, который можно использовать на любом проигрывателе при условии достаточной высоты шпинделя диска;
- в) прижим, накручиваемый на резьбовую часть направляющего шпинделя.

## Подшипник диска

Подшипник диска является прецизионным механическим узлом, который должен отвечать ряду требований, а именно обеспечивать минимальное сопротивление вращению диска, не создавать вибраций и шумов, не иметь люфтов. Учитывая большую массу и диаметр диска, подшипник должен обладать высокой износостойкостью и нагрузочной способностью.

Основными элементами подшипника являются стальная ось, бронзовый стакан и упорный шарик. Ось может крепиться к диску и вставляться в стакан, опираясь на шарик, лежащий на стакане. Для изготовления опорного шарика используются самые разные материалы: от обычной закаленной стали до сапфира или специальных сплавов, используемых в NASA, как например, в проигрывателях Simon Yorke Designs. Особые требования предъявляются к чистоте обработки поверхности оси и внутреннего зеркала стакана. Для смазки используется синтетическое масло с низкой вязкостью.



Часто применяется "обратная" схема подшипника (inverted bearing) когда стальная ось крепится

к субшасси, а стакан надевается сверху.



Особое внимание следует обратить на конструкцию подшипника J.A.Michell Engineering. Помимо беспрецедентной точности изготовления это подшипник обладает одной особенностью - он самосмазывающийся, с постоянной циркуляцией масла.



схема подшипника проигрывателей Michell

Г-н Джон Мичел (John Michell) нашел изящное инженерное решение этой задачи: на внутреннем зеркале бронзового стакана подшипника расположена очень тонкая спиральная канавка. При вращении масло из ванночки захватывается срезом канавки и подается в верхнюю часть подшипника, смазывая при этом всю контактирующую поверхность оси, стакана и опорный шарик. В оси просверлен отводной канал, по которому масло стекает обратно вниз. Таким образом обеспечивается непрерывная "прокачка" масла в подшипнике.

### Привод диска

Привод диска призван сообщить грампластинке, лежащей на диске, вращение с определенной частотой, не создавая при этом механических и акустических помех. В рамках этой статьи мы будем рассматривать роликовый и прямой привод, которые используются в массовых бытовых проигрывателях. Обе эти схемы обладают высоким уровнем вибраций, а прямой привод вдобавок ко всему уверенно обеспечивает значительные электромагнитные наводки на головку звукоснимателя. Все это несовместимо с высококачественным воспроизведением.

Во всех проигрывателях класса Hi-End используется пассивный привод диска (belt drive), т.к. прекрасно изолирует диск от вибраций мотора. Чаще всего применяются резиновые пассики круглого сечения. Но встречаются и более экзотические решения в виде шелковых нитей или тонких стальных тросиков. При достаточной массе диска эластичность такой передачи не оказывает влияния на равномерность вращения (детонацию). Чтобы погасить вибрации от двигателя, он устанавливается на мягкой подвесе внутри массивного металлического корпуса.

который часто располагается отдельно от проигрывателя.



Двигатель проигрывателя GyroDeck SE. Синхронный электромотор немецкой фирмы PAPST установлен внутри массивного металлического корпуса при помощи демпфирующей развязки

В качестве двигателей применяются маломощные синхронные электромоторы переменного тока. Питание осуществляется от образцовых источников питания с кварцевой стабилизацией частоты тока. Как правило, в проигрывателях класса Hi-End на диск не наносят стробоскопические метки для контроля частоты вращения. В этом просто нет необходимости, поскольку точность изготовления деталей, масса диска и калиброванное питание двигателя гарантированно обеспечивают заданную частоту вращения. Если же ставятся специальные задачи, например воспроизведение нестандартных архивных записей, то питание двигателем может осуществляться от специального блока питания, управляемого персональным компьютером, как, например, в модификации стола S7 для архивов фирмы Simon Yorke Design. Несколько таких столов установлено в библиотеке Конгресса США, и на них можно проигрывать абсолютно любые диски, даже записанные в обратном направлении или с постоянной линейной скоростью, что требует плавного изменения частоты вращения по мере перемещения звукоснимателя по поверхности диска.

## **ТОНАРМ**

Основная задача тонарма - перемещать иглу звукоснимателя по проигрываемой пластинке вдоль ее радиуса или с минимальным отклонением от него. Кроме этого он должен отвечать совершенно противоположным требованиям, а именно не влиять на полезные колебания иглы (быть совершенно инертным) и одновременно мгновенно реагировать на кривизну поверхности пластинки (обладавая в идеале нулевой инерцией), обеспечивая нечувствительность подвижной системы звукоснимателя к паразитным внешним воздействиям. При этом тонарм должен обеспечивать поддержание надежного и симметричного контакта иглы с обеими стенками канавки. Основными элементами тонарма являются: трубка тонарма (armtube), поворотный узел (bearing), противовес (counterweight), компенсатор скатывающей силы (anti-skating) и площадка для крепления головки звукоснимателя (head shell).

## **Угловые искажения**

Как известно резец рекордера при записи перемещается по прямой линии вдоль радиуса записываемого диска; классический же тонарм представляет собой поворотную конструкцию (pivoted tonearm), где игла перемещается по дуге с радиусом, равным расстоянию между поворотной осью тонарма и кончиком иглы. Поэтому между направлением колебаний иглы и радиусом, вдоль которого колеблется резец при поперечной записи, образуется некоторый угол



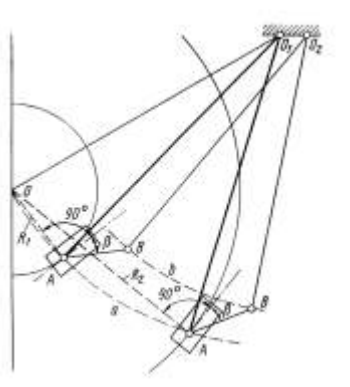
называемый горизонтальным углом погрешности (tracking error).

С точки зрения отсутствия угловых ошибок при проигрывании, наилучшим решением является прямой тангенциальный тонарм. Однако устройство сервосистемы его движения очень сложное. Такой тонарм не инертен по отношению к звукоснимателю, т.к. механизм его движения отслеживает изменение усилия бокового воздействия канавки на иглу, в результате чего подвижная система головки испытывает циклически повторяющееся переменное боковое воздействие. Вдобавок, сервосистема является источником (причем непосредственно связанным с тонармом) дополнительных вибраций. Была разработана конструкция с применением так называемого воздушного подшипника. В зазор между направляющей штангой тонарма и его опорной втулкой подается воздух под давлением, что обеспечивает отсутствие трения. Это позволило обойтись без сервосистемы поскольку усилия давления канавки на иглу достаточно для перемещения тонарма. Правда сама пневмосистема очень сложная, дорогая и требует размещения компрессора вдали от проигрывателя.



Проигрыватель RABCO ST-7 фирмы Harman/Kardon

Другое оригинальное решение было предложено английской фирмой Garrard. В ее проигрывателях применялся специальный сочлененный тонарм. Принцип его действия хорошо виден на рисунке.

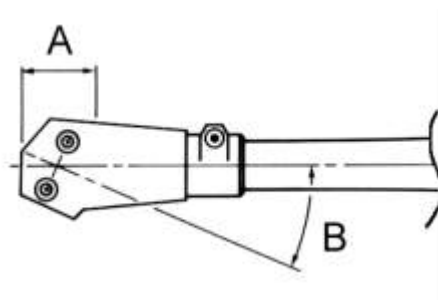


Проигрыватель Garrard Z2000 с сочлененным тонармом.

В данном случае горизонтальный угол погрешности отсутствует благодаря тому, что головка звукоснимателя при перемещении иглы по пластинке, в любом месте зоны записи, оказывается на касательной линии к проигрываемой канавке. Недостатками сочлененного тонарма являются повышенное трение из-за дополнительных шарниров, недостаточная жесткость и наличие дополнительных паразитных резонансов.

Оба вышерассмотренных варианта хотя и решали проблему горизонтального угла погрешности

рождали другие проблемы, к тому же из-за сложности и большой стоимости не нашли широкого применения. Еще одним важным недостатком являлось ограничение спектра используемых головок звукоснимателя из-за невозможности смены и подбора тонарма с другими характеристиками. В связи с этим основным типом тонарма, используемым сегодня, все же остается поворотный тонарм, тем более что, будучи грамотно сконструированным и установленным, он обеспечивает минимальные угловые искажения, практически не ухудшая качество воспроизведения. Достигается это, во-первых, расположением головки под некоторым углом к продольной оси тонарма (offset angle), а во-вторых, увеличением расстояния от оси поворота тонарма до острия иглы по отношению к расстоянию от центра поворота тонарма до центра диска. Таким образом, обеспечивается заход иглы за шпиндель диска (overhang).



A - заход иглы (overhang), B - угол коррекции (offset).

Для примера, в тонарме SME 309 погрешность составляет всего лишь 0,012 град/мм, т.е. при смещении иглы в сторону от центральной части зоны записи, где погрешность равна нулю, один миллиметр, угол погрешности возрастает на двенадцать тысячных градуса.

Кроме этого существуют удлиненные версии тонармов, в которых расстояние между вертикальной осью поворота и иглой достигает 308мм (прим. 12 дюймов), в результате чего игла движется по более пологой дуге, соответственно меньше отклоняясь от траектории движения резца при записи.



Стол Thorens TD 520 с тонармом SME 3012R длиной 12 дюймов.

### Эффективная масса тонарма

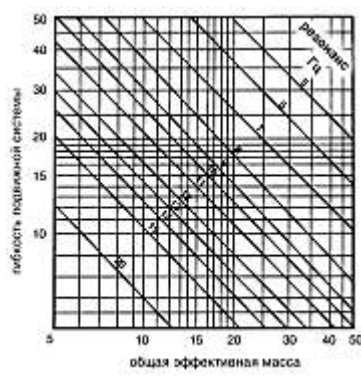
Из школьного курса физики известно, что любое тело обладает инерцией, т.е. свойством сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения. Если же приложить к такому физическому телу внешнее усилие, то оно будет сопротивляться изменению своего состояния, причем тем сильнее, чем больше его масса. Если же речь идет о вращающемся объекте это называется моментом инерции и в таком случае влияние оказывает не только масса объекта, но и характер расположения этой массы относительно точки вращения. Применительно к тонарму это означает, что любые его части расположенные дальше от оси поворота значительно сильнее увеличивают момент инерции тонарма, чем детали, расположенные

близко к оси поворота (например, противовес). Иными словами для снижения момента инерции тяжелые части тонарма должны располагаться как можно ближе к его оси поворота.

Эффективная масса (effective mass) тонарма характеризует момент инерции тонарма и отражает сумму масс всех подвижных частей тонарма с учетом их расположения относительно оси вращения. Поэтому важно не путать эффективную массу тонарма с его общей массой

Тонарм с головкой звукоснимателя и ее подвижная система образуют вместе механическую колебательную систему с определенным резонансом. С одной стороны, на нее воздействуют сверхнизкочастотные источники колебаний, такие как эксцентриситет и коробление пластинки, вибрации подшипника диска, колебания пола и стен и т.п. Частота этих воздействий лежит в области ниже 7-8 Гц. С другой стороны канавка пластинки через иглу "пытается раскачать" тонарм со звуковой частотой от 20 Гц и выше.

Частота резонанса тонарма и звукоснимателя зависит от эффективной массы тонарма и гибкости подвижной системы головки. Полностью избежать резонанса невозможно, но правильный подбор этих параметров позволяет расположить его в узком промежутке от 8 до 12 Гц. Приведенная ниже номограмма позволяет примерно оценить степень соответствия параметров.



Следует учитывать, что общая эффективная масса это эффективная масса тонарма с установленной головкой звукоснимателя. Рассчитать общую эффективную массу нетрудно, воспользовавшись следующим примером:

допустим, что тонарм имеет эффективную массу 10 г, расстояние от оси поворота тонарма до центра тяжести головки 230мм, а масса головки 8 г, тогда общая эффективная масса =  $10 + (8 \cdot 0,23) = 11,84$  г.

При конструировании тонарма разработчикам приходится находить непростой компромисс. Чтобы тонарм не оказывал влияния на колебания иглы при воспроизведении записи, т.е. вел себя абсолютно пассивно, его эффективная масса должна быть как можно большей по сравнению с массой подвижной системы звукоснимателя, а гибкость подвижной системы должна быть максимальной, в идеальном случае бесконечной. Если гибкость подвижной системы недостаточна, резонансная частота системы может оказаться выше нижней граничной частоты записи, т.е. 20 Гц. Это приведет к резкому снижению отдачи на частотах, ниже резонансной (иными словами к потере баса), т.к. модулированная канавка раскачивает тонарм вместе с иглой как единое целое. Кроме этого возрастают нелинейные искажения, деформации канавки пластинки и помехи от посторонних механических вибраций с частотой, близкой к резонансной. Однако одновременно необходимо обеспечить нечувствительность подвижной системы к внешним паразитным силам, а это возможно только при ограниченной массе тонарма. В ином случае при толчках и под воздействием сил, вызванных короблением и биениями пластинки, тонарм не будет успевать следовать в такт за инфранизкими колебаниями подвижной системы. В результате контакт иглы со стенками канавки будет ненадежным, а в тракте усиления попадут

сгенерированные инфранизкочастотные помехи.

## Виброрезонансные свойства

Конечным результатом любых взаимных колебаний иглы звукоснимателя и тонарма с закрепленной на нем головкой является электрический сигнал, который попадает на вход усилителя. Если кроме колебаний иглы, вызванных огибанием рельефа канавки пластинки, присутствуют любые другие, даже ничтожно малые вибрации, в выходной сигнал подмешиваются помехи и искажения, что приводит к значительной деградации звука.

Масса тонарма и его жесткость при работе на изгиб и кручение определяют уровень собственных резонансных колебаний. Виброгасящие (демпфирующие) свойства тонарма влияют на скорость затухания возникших резонансных колебаний.

Существуют разные пути решения этих задач: так, например, трубка тонарма AN-1s фирмы Audio Note выполнена из специального сорта бронзы. В силу большой массы такая конструкция хорошо противостоит возникновению резонансов и предпочтительна с точки зрения отношения эффективной массы тонарма к массе подвижной системы звукоснимателя. Но увеличение эффективной массы тонарма требует установки специальной головки с высокой жесткостью подвижной системы.



Тонарм Audio Note AN-1s.

При изготовлении тонармов английской фирмы Simon Yorke Designs трубка из алюминиевого сплава сначала подвергается экструзии (расширение изнутри высоким давлением), а затем протягивается через фильеры до нужного диаметра. Таким образом, формируется структура материала с наиболее благоприятными резонансными свойствами. Для демпфирования трубка заполняется полимерной пеной с битумным наполнителем. Тонарм не подвергается поверхностной обработке, т.к. анодирование создает твердый наружный микрослой, что приводит к окрашиванию звука и делает его жестким.



Тонарм Simon Yorke Designs - Series 7

Фирма SME (Англия) опираясь на точные физические расчеты, применение передовых материалов и беспрецедентную точность изготовления всех деталей тонарма смогла сконструировать тонарм Series V с великолепными виброакустическими свойствами и оптимальной эффективной массой, позволяющей выбирать по желанию головки практически

любых производителей.



Тонарм SME Series V

Трубка тонарма, площадка для крепления головки и направляющая для противовеса выполнены как единое целое из магниевго сплава методом литья под давлением.

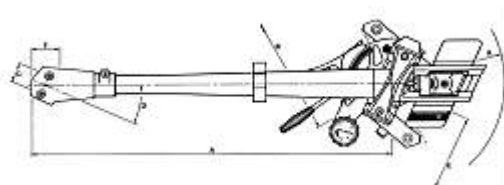


Сплав магния на 36% легче обычного алюминия, что позволяет делать очень прочную толстостенную трубку без нежелательного увеличения эффективной массы. Как известно, увеличение диаметра трубки в два раза восьмикратно повышает ее жесткость, поэтому трубка тонарма SME Series V имеет у основания диаметр около 20 мм и сужается по направлению от центра поворота. Переменное сечение обеспечивает отсутствие стоячих волн и оптимизацию эффективной массы тонарма. Магниевый сплав сам по себе обладает хорошими демпфирующими свойствами, однако для достижения максимальной акустической нейтральности трубка тонарма изнутри покрыта слоем пористого материала, пропитанного вязким полимером.

### Поворотная система тонарма

Поворот тонарма в горизонтальной и вертикальной плоскости должен происходить свободно, минимальным трением. С этой целью в высококачественных тонармах применяются прецизионные шариковые подшипники большого диаметра. Сила трения в них весьма мала и составляет 0,5-1% прижимной силы звукоснимателя. Так в тонармах SME серий 300, IV и V для поворота в вертикальной плоскости применяются подшипники диаметром 10мм, а для поворота в горизонтальной плоскости диаметром 17мм. В классических тонармах SME 3009/30012 для снижения трения в вертикальной плоскости вместо шариковых подшипников применены остроконечные призмы, на которые опирается основание трубки тонарма. Оба этих варианта представляют собой т.н. карданную систему подшипников тонарма (gimbal bearing). Горизонтальная ось вращения тонарма должна быть перпендикулярна продольной оси симметрии головки звукоснимателя. Это обеспечивает симметричность контакта игла-канавка при движении вверх и вниз и равномерную нагрузку подшипников.



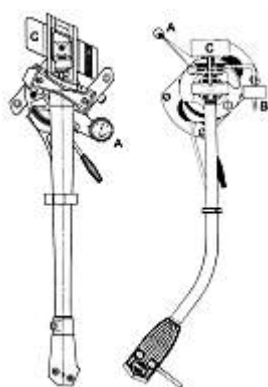


Тонарм SME 309. Отчетливо видна параллельность горизонтальной оси вращения и линии, которой расположены отверстия крепления головки.

Примером другого пути решения этих задач является тонарм фирмы Simon Yorke Designs. Здесь применен единственный шарнирный элемент, обеспечивающий свободу движения тонарма в обеих плоскостях и соответствие горизонтальной оси вращения расположению головки (unipivot bearing). Внизу опорной части трубки тонарма сделано коническое углубление, которое опирается на остроконечную ось, как если бы Вы надели наперсток на острие карандаша. С той же целью, что и с шарниром, отличием, что опорная ось диаметром 9,5мм выполнена из легированной стали, закаленной особым способом, а острие имеет радиус всего один микрон. Боковые качания отсутствуют благодаря специальной пластине прикрепленной к тонарму, через прорезь в которой проходит опорная ось. Чтобы не создавалось дополнительное трение, ось покрыта фторопластом в месте контакта с ограничительной пластиной. Такое изящное инженерное решение имеет очевидные плюсы, но требует для своей реализации высокотехнологичное оборудование, а также предъявляет повышенные требования к сбалансированности конструкции тонарма в целом.

### Баланс тонарма

Для симметричного и надежного контакта иголки со стенками канавки тонарма должен быть статически и динамически сбалансирован.



В прямом тонарме поперечная статическая балансировка достигается равным распределением массы всех частей тонарма относительно его продольной оси и расположением на ней центра тяжести головки. В изогнутом тонарме для компенсации смещения центра тяжести от продольной оси применяется дополнительный груз (B). Регулировка поперечной балансировки осуществляется поворотом крепления груза (B) относительно продольной оси тонарма. Продольная балансировка регулируется перемещением противовеса (C) вдоль оси тонарма.

Регулировка прижимной силы звукоснимателя (VTF -vertical tracking force) может осуществляться тремя основными способами: а) смещение противовеса C к оси поворота при помощи микрометрического винта; б) смещение дополнительного груза B по направлению к передней части тонарма; в) регулировка специального пружинного механизма.



Регулятор прижимной силы тонарма SME Series V.

Наличие угла коррекции, необходимого для компенсации угловых искажений, рассмотренных выше, приводит к тому, что при следовании иглы по канавке одна из составляющих силы, действующей на иглу звукоснимателя в результате трения о стенки канавки, направлена по радиусу к центру пластинки. Эта составляющая называется скатывающей силой (skating force). Ее нежелательное действие проявляется в том, что, толкая тонарм к центру пластинки, она вызывает повышенное давление иглы на внутреннюю стенку канавки и ослабляет контакт с внешней стенкой. Результатом является повышенный износ левой стенки канавки и искажения в правом канале из-за ненадежного контакта иглы и правой стенки.

Для уменьшения этого нежелательного воздействия в высококачественных тонармах применяются компенсаторы скатывающей силы или антискейтинг (anti-skating). Это устройство создает обратный вращающий момент, поворачивающий тонарм от центра пластинки (на рисунке - позиция А). Поскольку трение между канавкой и иглой и как следствие величина скатывающей силы прямо зависят от установленной прижимной силы, регуляторы антискейтинга обычно проградуированы в граммах, что позволяет легко установить необходимую компенсацию в соответствии с приведенным к игле весом.

Существуют разные конструкции компенсаторов. Например, в тонармах SME серии 3000 противоскатывающую силу создает закрепленный на нити перекидной груз.



Антискейтинг тонарма SME 3009.

Для установки требуемого компенсирующего момента нить передвигают по градуированному горизонтальному стержню в положение, соответствующее прижимной силе звукоснимателя, изменяя, таким образом, плечо, а, следовательно, и величину обратного вращающего момента. В некоторых других конструкциях грузик воздействует на тонарм через рычажную систему.

Более распространенными являются компенсаторы с пружинным механизмом. В них вращающий момент создается натяжением тарированной пружины (или эластичного

полимерного элемента) прикрепленной к вертикальной оси поворота тонарма. Изменение натяжения осуществляется вращением градуированного регулировочного колесика.



Регулятор компенсатора скатывающей силы SME 309

Кроме этого применяются магнитные компенсаторы скатывающей силы. Их принцип прост, два магнита обращенные друг к другу одноименными полюсами отталкиваются. Такой компенсатор можно встретить в популярном тонарме Rega RB-300.

**Продолжение следует.**

(Головки звукоснимателя, практические советы по настройке проигрывателя)

