

Устройства для записи и воспроизведения звука отличаются той особенностью, что качество механической их части играет первостепенную роль в работе всего устройства.

Неравномерность вращения граммофонного диска или барабана с лентой приводит к нелинейным искажениям, к плаванию звука. Плохая работа механизма смещения приводит к взаимному пересечению соседних звуковых канавок и порче записи. Неудачно выбранный способ соединения мотора с барабаном или диском влечет за собой наложение шума мотора на запись и т. д.

Весьма важную роль во всем устройстве играет барабан или диск, на котором производится запись или который тянет ленту. Основное требование к нему — это обеспечение достаточной равномерности движения материала, на котором производится запись, или угловой скорости, т. е. скорости вращения барабана, или диска.

Посмотрим, чем чревато нарушение этого условия. Разберем два случая. Первый — больших колебаний скорости и отдельно — малых.

Отклонение угловой скорости вращения граммофонного диска на 1—2% от нормальной делает запись совершенно непригодной.

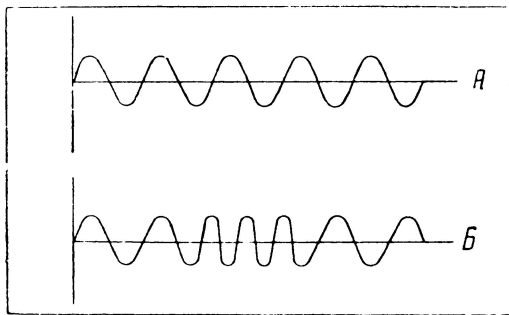


Рис. 1

В самом деле пусть в силу какой-либо неисправности граммофонный диск в течение одного оборота изменяет скорость с 78 до 80 оборотов в минуту, т. е. примерно на 3%. При этом тон, скажем, в 2000 Hz запишется (или воспроизведется, если он уже записан) с изменением в 60 Hz (3%). Подобное изменение не только неприятно, но и делает запись негодной. Подобные периодические качания скорости диска приводят к так называемому «плаванию» звука и делают все устройство непригодным к использованию.

Во время как непригодность к работе устройства с большим качанием диска ясно видна (или, вернее, слышна) каждому, на малые качания обычно внимания не обращают, хотя вред они приносят очень большой.

Зачастую любитель, запись у которого получается с искажениями, с хрипом, долго и безуспешно возится с электрической частью своего устройства, тогда как причина кроется в качаниях диска или барабана.

В самом деле тембр звучания всякого инструмента определяется гармониками, т. е. высшими составляющими основных тонов. Так как частотные возможности записи вообще ограничены, то некоторые тембровые искажения неизбежны. Но, кроме этого, на запись накладываются малые качания диска, и так как их линейная протяженность совпадает с линейной протяженностью верхних пределов частот записи и даже превышает их, то в записи появляются такие гармоники, которых никогда не было в записанном звуке. Поэтому запись получается искаженной, тембр звучания изменяется, возникают хрипы.

Не лучше обстоит дело при записи речи. Как известно, произнесение той или иной буквы при одном и том же основном тоне звучания определяется выделением соответствующих формант, т. е. гармоник. Выделенные форманты производятся настройкой резонирующей полости рта. Искажение формант приводит не только к изменению тембра речи, но и к ухудшению артикуляции, т. е. разборчивости: одна буква звучит, как другая.

Искажения формы кривой, связанные с неравномерностью вращения диска, иллюстрируются рис. 1 (где А — форма записываемого звука, а В — форма полученной записи). Здесь чисто синусоидальный звук после записи совершенно искажен. Правда, эти искажения не играли бы никакой роли, если бы колебания скорости при воспроизведении в точности повторяли все колебания при записи. Практически это, конечно, совершенно невозможно.

Качания барабана или диска имеют свою частоту. Эта-то частота качаний и накладывается на запись, искажая ее. Качания известны под названием детонации. Если частота их не превышает 12 в секунду, то они относятся к детонации первого рода. При частоте качаний свыше 12 в секунду детонация относится ко второму роду.

Как воспринимает ухо искажения, вызванные детонацией? При детонации первого рода воспроизводимый звук кажется тремолющим (тремоло) или, как говорят, «плавает». Детонация второго рода ведет к шероховатости звука, появлению хрипов. Наиболее чувствительно ухо к детонации с частотой в 2—3 пер/сек. С увеличением частоты и громкости основного тона, модулируемого детонацией, чувствительность уха к искажениям возрастает.

Искажения, обусловленные детонацией первого рода, наиболее заметны в музыке, и особенно при протяжных тонах, звуках рояля. Искажения при детонации второго рода за-

метны всегда, искажая тембр и чистоту музыки и речи. Многочисленными экспериментами установлено, что влияние детонации заметно уже при изменении скорости на 0,1% от ее средней величины.

Отсюда видно, какие высокие требования нужно предъявлять к равномерности скорости

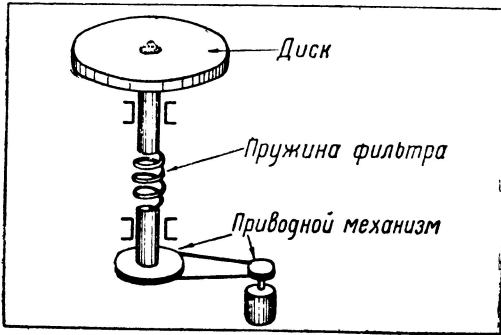


Рис. 2

движения пленки, вращения барабана или диска. Колебания скорости не должны превышать 0,1%.

Каким образом добиться сведения колебания скорости до минимальной величины? Первые самые общедоступные способы — это увеличение массы маховика или диска, рациональная их конструкция и правильный выбор способа соединения их с мотором. Эти вопросы будут разобраны несколько позже.

Кроме этого, применяются также механические фильтры. Назначение такого фильтра в том, чтобы сгладить, не пропустить неизбежные колебания скорости мотора или приводного механизма к маховику барабана или диску.

Одним из несложных фильтров является пружинный. Принцип его действия, поясненный на рис. 2, заключается в том, что мотор или приводной механизм сцеплен с валом диска не жестко, а через пружину.

При этом пружина, закрутившись на какой-то угол, определяемый общей силой трения диска, будет передавать ему движущее усилие мотора. Однако при достаточном, конечно, моменте инерции диска все кратковременные колебания скорости приводного механизма диску не передаются, так как их будет

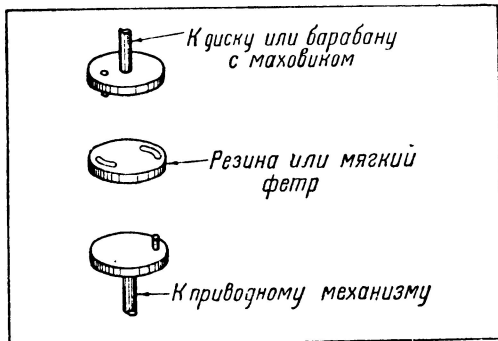


Рис. 3

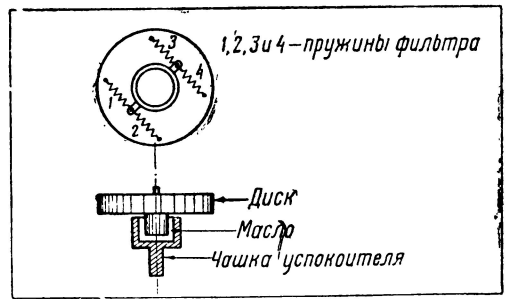


Рис. 4

принимать на себя пружина. При увеличении скорости приводного механизма пружина будет сильнее закручиваться, принимая на себя излишек скорости, при уменьшении — раскручиваться, поддерживая вращение диска.

Подобный фильтр установлен на граммофонных моторах завода Лепсе типа ГМ-3 (с фибровой шестерней). Такой же фильтр применил борисоглебский радиолубитель т. Успенский в своем колхозном звукозаписывающем пленочном аппарате с ручным приводом (см. «РФ» № 20 за 1938 г.).

Для упрощения пружину можно заменить резиновой или фетровой плайбой (рис. 3). Здесь эта шайба за счет своей упругости выполняет функции пружины.

Иногда пружинный механический фильтр дополняют специальным демпфером, способствующим лучшему гашению всех колебаний диска. В конструкции, показанной на рис. 4, кроме четырех пружин фильтра, имеется еще цилиндр, находящийся в чашке демпфера. Зазор между ними очень мал и заполнен маслом. Изменение скорости ведущего механизма компенсируется: увеличение — пружинами 2 и 3, уменьшение — пружинами 1 и 4, возможные же качания диска, вызываемые «игрой» успокаивающихся пружин, гасятся демпфером.

Кроме этих фильтров, защищающих диск или барабан лентопротяжного механизма, для

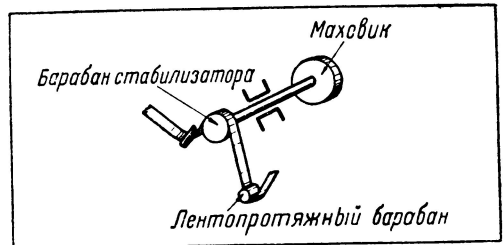


Рис. 5

аппаратов, работающих с лентой, возможно также применение стабилизаторов.

Простейший стабилизатор показан на рис. 5. Он представляет собой барабан (на котором производится запись), жестко связанный с маховиком. Барабан и маховик кинематически ни с чем не связаны и увлекаются только движущейся пленкой. При малых кратковременных изменениях скорости лентопротяжного механизма скорость барабана и пленки на нем остается неизменной.

Кроме подобного стабилизатора, существуют еще стабилизаторы масляные, электромагнитные, но в любительской практике они из-за сложности и по ряду других причин неприемлемы. Останавливаться на них мы не будем.

Теперь вернемся к оставленным ранее вопросам рациональной конструкции диска или маховика.

Каково назначение маховика или тяжелого диска? Он должен поддерживать постоянную скорость вращения. При мгновенном увеличении скорости приводного механизма большая масса его не позволяет ему ускорить свое вращение. Если приводной механизм замедляет ход, то маховик вращается за счет своей инерции, за счет так называемого запаса живой силы.

Таким образом главное в маховике — это достаточная масса, так как запас живой силы его также зависит от массы. Точно: запас живой силы маховика равен произведению массы на квадрат скорости, с которой эта масса движется.

Однако не вся масса маховика одинаково участвует в создании необходимого запаса живой силы. Он пропорционален квадрату скорости, а скорость каждого кусочка массы равна:  $V = 2\pi RN$ , где  $V$  — линейная скорость;

$R$  — радиус;

$N$  — число оборотов маховика.

Каждый грамм массы, находящейся на расстоянии 10 см от центра, будет иметь запас живой силы в 4 раза больший, чем грамм, находящийся на радиусе в 5 см. Поэтому масса, находящаяся на малых радиусах, пользы почти не приносит и только утяжеляет маховик.

Поэтому нужно стремиться сделать маховик или диск возможно большего диаметра и, чтобы увеличить диаметр центра тяжести

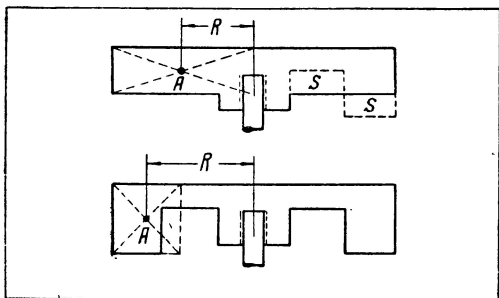


Рис. 6

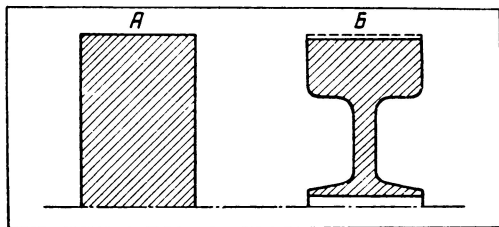


Рис. 7

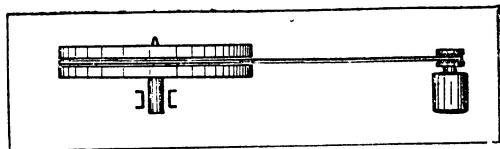


Рис. 8

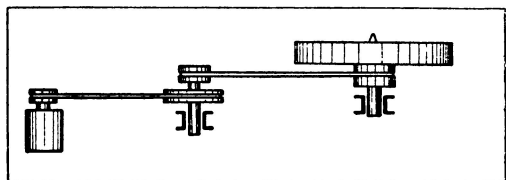


Рис. 9

поперечного сечения маховика, максимум массы относить в виде обода к краям диска.

Так например, если взять два диска одинакового диаметра и почти такого же веса, но различного поперечного сечения (рис. 6), то второй диск, центр тяжести поперечного сечения которого смещен к краю (точка А), имеет запас живой силы в 4 раза больше, чем у первого.

Если маховик, изображенный на рис. 7, облегчить согласно рис. 7, Б на 50%, то запас его живой силы уменьшится только на 15%, а если при этом увеличить на 8% его диаметр (показан пунктиром на рис. 7, Б), то запас живой силы совсем не уменьшится.

Так как полный расчет маховика весьма сложен, то мы не даем никаких цифр, а только указываем общие пути, следование по которым может улучшить устройство для записи звука.

Второй не менее важный вопрос — это способ соединения маховика или диска с мотором или другим приводным механизмом.

Наиболее употребительный способ (рис. 8) с применением ремня, идущего по ободу шкива или диска, является в то же время наихудшим.

Недостаток его заключается в том, что силы, вызывающие вращающий момент, приложены на максимальном диаметре диска, превышающем диаметр его центра тяжести, и всякое изменение этого момента мгновенно изменяет скорость диска.

Попробуем ремень поместить так, как указано на рис. 9, и сравним оба эти случая.

В первом, изображенном на рис. 8, если скорость вращения мотора меняется, претерпевая, скажем, мгновенное уменьшение, то ремень, охватывающий диск снаружи, легко его притормаживает. Наоборот, увеличение скорости мотора также сравнительно легко меняет скорость диска. Короче говоря, ремень, идущий по ободу диска, сводит на-нет действие его запаса живой силы.

Если же привод сделан так, как показано на рис. 9, то запас живой силы маховика используется гораздо полнее, так как диаметр центра тяжести диска гораздо больше, нежели точек приложения пары сил ремня.

В сказанном очень легко убедиться, если попробовать пальцем притормозить диск или

маховик. Если прижать палец к ободу, то остановить диск легко. Сделать это гораздо труднее, если пытаться прижимать палец ближе к центру.

Правда, второй, лучший способ требует применения промежуточного редуктора, так как диаметр шкива на диске невелик, а сделать диаметр шкива мотора таким, чтобы сразу получить нужные обороты диска, практически невозможно. Перебор этот может быть любой — ременный, червячный и т. п. Выбор его зависит от производственных возможностей конструктора.

Напомним коротко расчет шкивов. Обороты и диаметр любого из соединенных шкивов можно определить из пропорции:

$$\frac{d_6}{d_m} = \frac{n_m}{n_6},$$

т. е. отношение диаметра большего шкива к диаметру меньшего равно отношению числа оборотов меньшего шкива к числу оборотов большего.

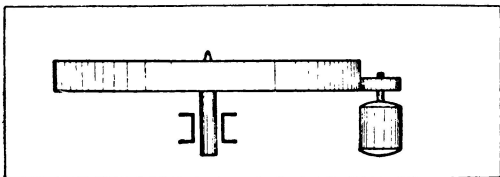


Рис. 10

Таким образом, если задан диаметр диска, его обороты и число оборотов мотора, то шкив последнего определится, как:

$$d_m = \frac{n_6 d_6}{n_m}.$$

При расчете может встретиться такой случай: диаметр шкива диска  $d_6 = 100$  мм, обороты  $n_6 = 78$  в минуту. Мотор делает 1450 об/мин. Тогда диаметр шкива мотора должен быть равен:

$$d_m = \frac{n_6 d_6}{n_m} = \frac{78 \cdot 100}{1450} = 5,4 \text{ мм}.$$

Очевидно, что изготовление шкива такого диаметра невозможно, так как он не будет тянуть ремня, и, кроме того, его диаметр меньше, чем у вала мотора.

Вот тут-то и приходится делать перебор. В этом случае, задавшись из конструктивных соображений диаметром шкива перебора, под-

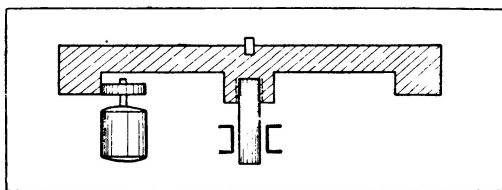


Рис. 11

считывают скорость его вращения по формуле:

$$n_m = \frac{d_6 n_6}{d_m}.$$

В том случае, когда все же приходится пользоваться вариантом рис. 8, нужно делать натяжение ремня возможно слабее, обязательно снабдив шкив мотора прижимным роликом. Смазывать ремень пастой или канифолью нельзя.

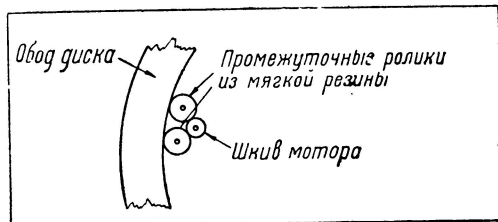


Рис. 12

Если передача от мотора к диску сделана фрикционной, то из двух вариантов, показанных на рис. 10 и 11, лучшим является второй. При этом очень хорошие результаты дает применение промежуточных резиновых роликов, как это показано на рис. 12.

Вообще же лучшей нужно считать червячную передачу, при которой шестерня свободно сидит на валу диска или маховика и соединена с ним через пружинный или фетровый фильтр. Червяк с мотором лучше соединять при помощи мягкого соединения типа шарнира Гука с резиновой вставкой.