

А. КОЗЫРЕВ, М. ФАБРИК

# КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ МАГНИТОФОНОВ

*Издание второе, исправленное  
и дополненное*

ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ  
Москва — 1959

В книге А. Козырева, М. Фабрик «Конструирование любительских магнитофонов» в популярной форме рассказано о физических явлениях, происходящих при магнитной записи звука, а также изложены принципы конструирования основных узлов лентопротяжных механизмов и усилительных устройств.

В настоящее время, когда наша промышленность осваивает новые сорта звуконосителей, намечается тенденция к значительному снижению скорости движения ленты в магнитофонах. Поэтому во втором издании книги большее внимание уделено аппаратам, работающим на низких скоростях, с использованием двухдорожечной записи

В книге представлено несколько современных кинематических схем лентопротяжных механизмов; существенно расширены разделы, посвященные звуконосителям, магнитным головкам и усилителям; добавлен раздел об использовании в аппаратуре магнитной звукозаписи полупроводниковых приборов, приведены расширенные сведения о настройке и эксплуатации магнитофонов; дано полное описание двух конструкций магнитофонов, выполненных авторами.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся конструированием любительской аппаратуры для магнитной записи звука.

## Глава I

### ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Магнитная запись звука была предложена еще в конце прошлого столетия, но широкое распространение она получила лишь за последние десять-пятнадцать лет.

В настоящее время магнитная запись достигла большого совершенства и с успехом конкурирует с механической и фотографической системами записи звука, а по многим показателям даже превосходит их.

Любой способ звукозаписи базируется на одном общем принципе: звуковые колебания фиксируются в форме остаточной деформации физического состояния звуконосителя. Физическое состояние звуконосителя может характеризоваться следующим: 1) формой звуконосителя — при записи резанием или давлением (например, звуковая дорожка на грампластинке); 2) степенью прозрачности звуконосителя (при записи фотографическим способом); 3) намагниченностью звуконосителя при магнитной записи. Для любой звукозаписи характерно движение звуконосителя по отношению к записывающим и воспроизводящим элементам.

Рассмотрим кратко процессы, происходящие при магнитной записи звука. Блок-схема аппаратуры магнитной записи приведена на рис. 1.

Запись производится на звуконосителе — проволоке или ленте, сделанной из материала, способного хорошо намагничиваться и длительно сохранять такое состояние. Движение звуконосителя осуществляется за счет лентопротяжного механизма. Во время движения звуконоситель соприкасается с двумя электромагнитами, так называемыми записывающей 1 и воспроизводящей 2 головками. Сердечник электромагнита выполняется из магнитного материала и представляет собой кольцо с зазором.

Во время записи источник звука создает колебания воздуха. Эти колебания, воздействуя на мембрану микрофона 3, преобразуются в электрический ток и после усилителя 4

поступают в обмотку записывающей головки 1. Напряженность магнитного поля над рабочим зазором записывающей головки изменяется по тому же закону, что и колебания воздуха, воздействующие на микрофон. Если звуконоситель был предварительно размагничен, то его отдельные участки, проходя над зазором записывающей головки, намагнитятся по-разному.

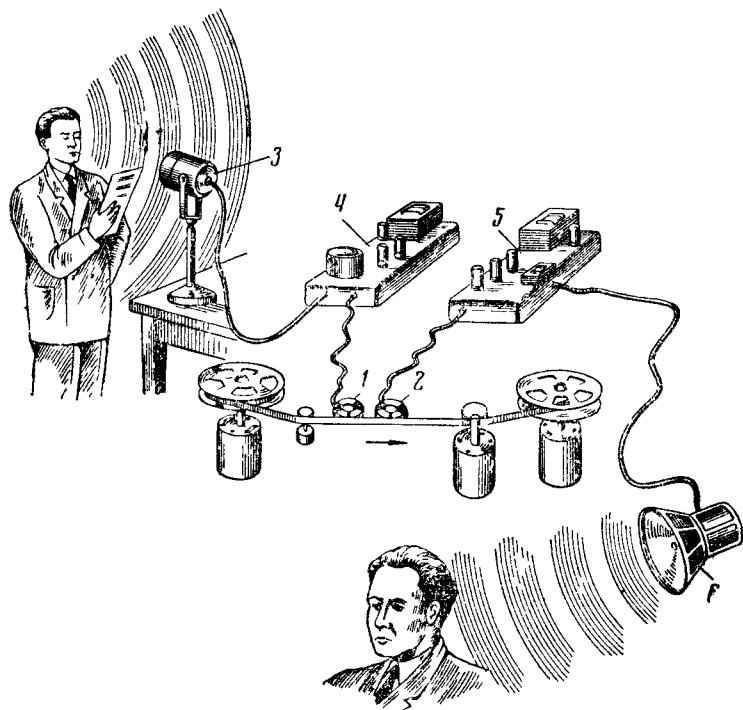


Рис. 1

Для воспроизведения служит второй электромагнит-воспроизводящая головка. Намагниченный звуконоситель, соприкасаясь при движении с воспроизводящей головкой 2, возбуждает в ее обмотке электрические колебания, амплитуда и частота которых соответствуют записанному звуку. После усилителя 5 эти колебания могут быть прослушаны через громкоговоритель 6.

Для повторного воспроизведения записи звуконоситель необходимо перемотать в первоначальное положение. Таким образом, аппаратура магнитной записи представляет комплекс механических и электрических устройств.

Несмотря на кажущуюся простоту процессов, происходящих при магнитной записи, понадобился труд многих ученых и инженеров, чтобы сделать этот способ записи одним из самых совершенных.

Вначале в качестве звуконосителя использовалась стальная проволока или лента. Качество таких звуконосителей было невысоким; это заставляло перемещать их с большой скоростью. В результате кассеты с проволокой имели большие габариты, были тяжелы, проволока часто рвалась, а соединять ее было нелегко. Подобные аппараты были очень громоздки и неудобны в эксплуатации.

Широкие перспективы открылись для магнитной записи только в 30-х годах, после появления ферромагнитной ленты.

По сравнению со стальной лентой или проволокой ферромагнитная лента обладает более высоким качеством и более удобна в эксплуатации. Ее применение позволило значительно снизить скорость движения звуконосителя. Аппаратура для магнитной записи стала более компактной и надежной в работе.

Аппараты для магнитной записи звука, в которых в качестве звуконосителя используется ферромагнитная лента, называются магнитофонами.

Наряду с применением высококачественных звуконосителей был также предложен новый, так называемый высокочастотный режим записи, который позволил резко улучшить качество магнитной записи.

Применение высокочастотного режима записи и высококачественных звуконосителей дало магнитной системе звукозаписи большие преимущества перед механической и оптической системами. Технология магнитной записи сравнительно проста и удобна. Запись может производиться на свету и не требует, например, таких промежуточных процессов, как проявление и сушка (при оптической системе звукозаписи) и т. п. Записанный звук можно прослушивать не только после окончания, но и во время записи. Это позволяет производить коррекцию непосредственно во время записи.

Если запись окажется ненужной, ее можно «стереть», удалив следы записи путем размагничивания звуконосителя. Это позволяет многократно использовать один и тот же звуконоситель, причем число полноценных воспроизведений записанной и повторной записи практически не ограничено.

Куски ферромагнитной ленты легко склеиваются. Соединяя отдельные части ленты, можно осуществлять так называемый монтаж, позволяющий удалять ненужные или испорченные участки записи, а также размещать их в необходимой последовательности.

Некоторым недостатком магнитной звукозаписи является то, что запись «не видна», а также то, что звуконоситель с записью может пострадать от сильных магнитных полей.

Кроме того, указанному способу записи присущи специфические искажения (копирэффekt, модуляционные шумы и т. п.).

Магнитофон служит не только для записи звука. В последнее время он находит все большее применение в различных отраслях народного хозяйства (имеются в виду специальные магнитофоны, отличающиеся по конструкции и по качественным показателям от магнитофонов, рассматриваемых в настоящей книге).

## ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Для успешного конструирования магнитофонов необходимо представлять себе физические явления, происходящие при магнитной записи звука.

Магнитная запись звука — сложный комплекс, состоящий из трех процессов: 1) стирания или удаления следов сделанной ранее записи; 2) записи; 3) воспроизведения.

**Процесс стирания.** Термин «стирание» в магнитной записи носит условный характер, он предусматривает лишь магнитную обработку звуконосителя, в результате которой с него удаляются следы имеющейся записи; при этом не происходит никакого разрушения звуконосителя или изменения его геометрических размеров.

Стирание можно осуществить двумя способами: а) намагнитив звуконоситель до «насыщения» и б) размагнитив его до нуля.

Выбор того или иного способа стирания зависит от режима записи. Следует отметить, что термин «насыщение» тоже является условным, так как практически ферромагнитная лента и при первом и при втором способе стирания намагничивается лишь до уровня, превышающего наибольшую амплитуду записанного сигнала.

При первом способе ферромагнитная лента намагничивается до «насыщения» равномерно по всей длине. Для этого звуконоситель пропускается мимо сильного постоянного магнита или электромагнита (стирающей головки), питаемого постоянным током.

Способ стирания путем приведения звуконосителя в равномерно намагниченное состояние, несмотря на простоту, редко применяется в настоящее время, так как он не позволяет получить качественную запись.

При втором способе стирания звуконоситель полностью размагничивается. Для этого ферромагнитную ленту протягивают над зазором стирающей головки, в обмотку которой

подается ток высокой частоты. Переменное магнитное поле головки будет воздействовать на звуконоситель, причем амплитуда поля, действующая на звуконоситель, будет достигать максимальной величины в рабочем зазоре головки и убывать по мере удаления от него (рис. 2). В результате воздействия такого поля лента окажется полностью размагниченной.

Для полного стирания максимальная амплитуда поля должна быть достаточной для того, чтобы довести ленту до «насыщения».

Для качественного стирания необходимо определенное соотношение между частотой тока, питающего стирающую головку, скоростью движения звуконосителя и крутизной спада поля

вне рабочего зазора.

Чем больше скорость и чем круче спадает поле, тем выше должна быть частота.

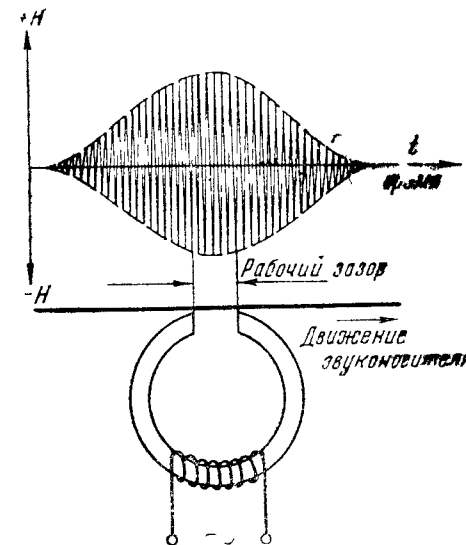


Рис. 2

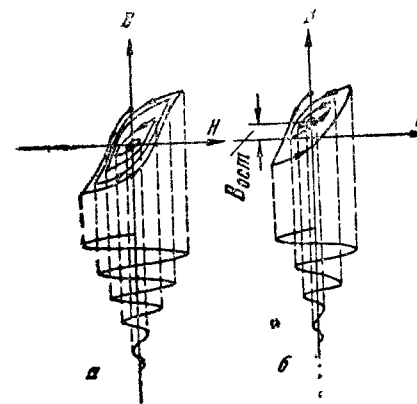


Рис. 3

Поясним это графически. Если амплитуда поля стирания убывает с каждым периодом высокой частоты на значительную величину (рис. 3, б), то участки ферромагнитной ленты, пройдя над рабочим зазором головки, размагнитятся не полностью, — они будут иметь остаточную индукцию  $B_{ост}$ . Если частота магнитного поля стирания достаточно высока, так что с каждым периодом

амплитуда поля меняется незначительно, процесс перемагничивания будет происходить по постепенно сужающимся пет-

лям гистерезиса, приводя ленту к размагниченному состоянию (рис. 3, а).

Установлено, что хорошее стирание достигается только тогда, когда форма кривой высокочастотного колебания строго симметрична. В противном случае не будет полного размагничивания, а остаточное намагничивание вызовет шум при воспроизведении. Кроме того, для хорошего стирания необходимо, чтобы амплитуда размагничивающего поля за период одного колебания изменялась не более чем на 1%.

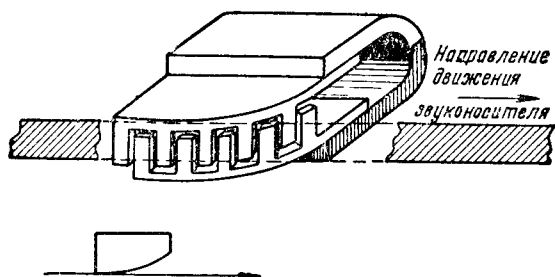


Рис. 4

Отсюда ясно, что чем быстрее движется звуконоситель в магнитном поле стирающей головки, тем выше должна быть частота тока стирания.

На первый взгляд кажется, что выгодно выбрать высокую частоту тока стирания. Однако нельзя забывать, что с увеличением частоты сильно возрастут потери в сердечнике головки и потребуется значительное увеличение подводимой к головке мощности.

Для стирания с помощью тока высокой частоты необходим специальный генератор, однако применение его усложняет схему и заставляет увеличить мощность источника питания.

Стирание можно производить и непосредственно от сети переменного тока частотой 50 гц. При этом вместо стирающей головки используется специальный размагничивающий электромагнит с разомкнутой магнитной цепью и большим полем рассеяния (конструкция его приводится в главе V).

Плавного спада магнитного поля добиваются в этом случае медленным перемещением электромагнита над рулоном с ферромагнитной лентой. Для этого размагничивающий электромагнит медленно подносят к рулону ленты, описывая над ним несколько концентрических окружностей и также медленно удаляют. Вся операция занимает 10—15 сек.

Стирание путем размагничивания ферромагнитной ленты

можно осуществить и постоянным магнитом специальной конструкции (рис. 4).

Переменное размагничивающее магнитное поле создается с помощью двух стальных гребенок, к торцам которых под-

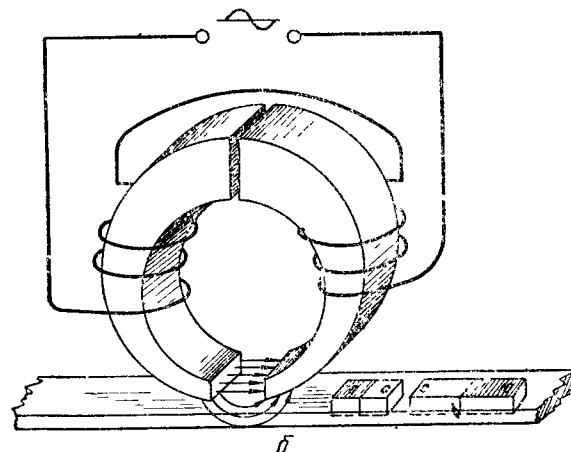
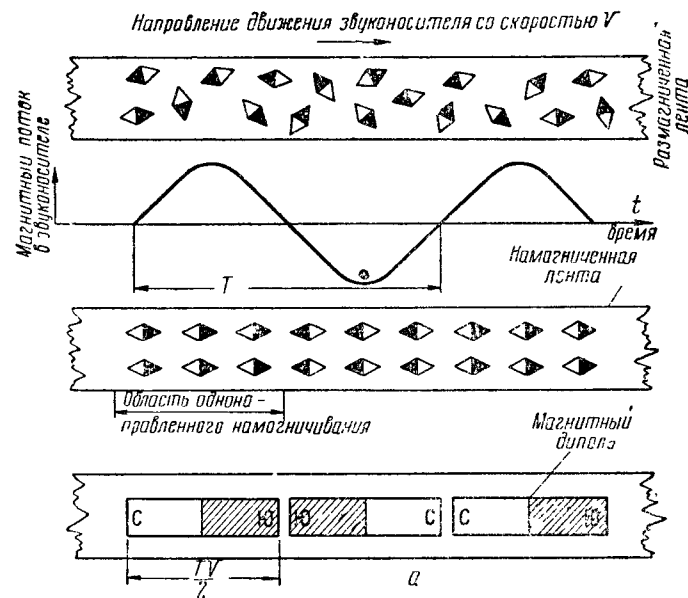


Рис. 5

соединен постоянный магнит. Обе гребенки имеют скос, так что участки звуконосителя вначале соприкасаются с зубьями гребенки, а затем, по мере продвижения вперед, постепенно

удаляются от них. Под действием такого магнитного поля участки ферромагнитной ленты претерпевают несколько циклов перемагничивания. В результате при удалении от такого магнита ферромагнитная лента окажется размагниченной. Эффект, получаемый при этом, напоминает стирание с помощью высокочастотного тока.

**Процесс записи.** Сущность этого процесса заключается в том, что степень намагниченности ферромагнитной ленты изменяется в такт с записываемыми звуковыми колебаниями. Намагничивание производится с помощью электромагнита — записывающей головки. Переменный ток звуковой частоты, протекающий через обмотку записывающей головки, поступает от усилителя. Он представляет собой записываемый звуковой сигнал, предварительно преобразованный микрофоном в форму соответствующего электрического сигнала.

В процессе записи участки ферромагнитной ленты при ее движении над зазором головки будут намагничиваться по-разному — в соответствии с переменным током, питающим записывающую головку.

Упрощенно процесс магнитной записи можно объяснить, представив, что ферромагнитная лента состоит из элементарных магнитиков (рис. 5). При отсутствии внешнего магнитного потока магнитики имеют случайную ориентацию и результирующая намагниченность ленты равна нулю.

Если на движущуюся ферромагнитную ленту воздействовать магнитным потоком, то лента будет намагничиваться. При этом элементарные магнитики будут ориентироваться в зависимости от силы внешнего поля. Чем сильнее поле, тем большее число магнитиков будет повернуто в одном направлении.

Области однонаправленного намагничивания можно условно заменить магнитным диполем. Длина его составляет половину длины волны записанного на ленте колебания, которая равна произведению периода записываемого колебания на скорость движения ленты:

$$\lambda = T \cdot V.$$

Из этого следует, что при одной и той же скорости движения звуконосителя с увеличением частоты записываемых колебаний  $f \equiv \frac{1}{T}$  уменьшается длина магнитных диполей. Это положение понадобится в дальнейшем при рассмотрении искажений магнитной звукозаписи.

Важнейшим требованием, предъявляемым к магнитной записи, является получение минимальных частотных и нелинейных искажений и максимального отношения полезного

сигнала к шуму. Все эти параметры в значительной степени зависят от режима записи.

Для получения неискаженной записи работа должна происходить на линейном участке кривой остаточного намагничивания (рис. 6). Для этого в обмотку записывающей головки наряду с током звуковой частоты подают постоянный или высокочастотный ток, называемый током подмагничивания (режим записи с применением для подмагничивания постоянного тока в силу целого ряда недостатков практически не используется и рассматриваться в дальнейшем не будет).

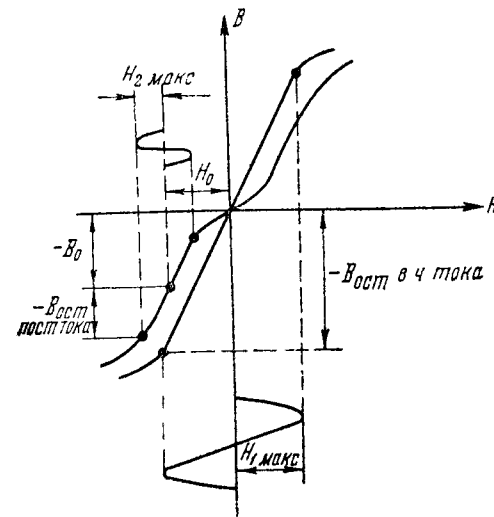


Рис. 6

В настоящее время наибольшее распространение получил режим записи с применением высокочастотного тока подмагничивания. При этом в обмотку записывающей головки наряду с током звуковой частоты подают ток высокой частоты (порядка нескольких десятков килогерц), так называемый ток высокочастотного подмагничивания.

При использовании высокочастотного тока подмагничивания запись производится на предварительно размагниченной ленте. В большинстве случаев высокочастотный ток подмагничивания получают от того же генератора, который питает стирающую головку.

Ввиду того что при этом режиме записи остаточное намагничивание звуконосителя в паузах практически сводится к нулю, — резко уменьшаются шумы. Кроме того, звуконоситель, проходя мимо записывающей головки, подвергается в паузах

дополнительному стиранию высокочастотным полем подмагничивания.

Уменьшение шума расширяет динамический диапазон записи и позволяет записывать не только громкие, но и слабые сигналы. Кроме того, применение высокочастотного подмагничивания обуславливает более линейную зависимость между током звуковой частоты и остаточной индукцией ленты при значительно больших амплитудах сигналов, чем в случае использования постоянного тока подмагничивания.

На сегодняшний день еще не существует единого мнения о физическом воздействии высокочастотного поля подмагничи-

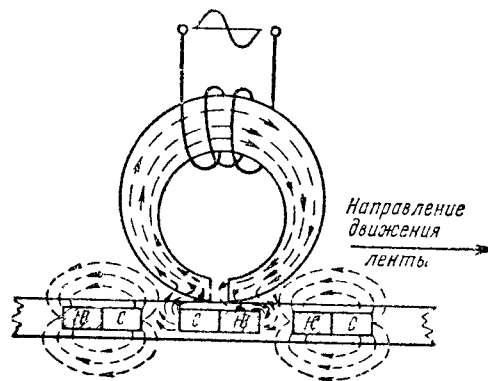


Рис. 7

вания на ферромагнитную ленту. Существует предположение, что при действии высокочастотного поля подмагничивания происходит спрямление кривой начального намагничивания (см рис. 6).

Увеличение длины линейного участка позволяет более интенсивно намагничивать звуконоситель во время записи. При этом возрастает полезная отдача ленты в режиме воспроизведения и увеличивается отношение полезного сигнала к шуму.

Ток высокочастотного подмагничивания должен быть в три-четыре раза больше максимального значения тока звуковой частоты

**Воспроизведение звука.** Процесс воспроизведения заключается в следующем. Ферромагнитная лента движется с равномерной скоростью (равной скорости при записи) относительно воспроизводящей головки. При этом магнитный поток звуконосителя, пронизывая сердечник воспроизводящей головки, вызывает появление в ее обмотке электродвижущей силы, величина которой пропорциональна скорости изменения магнитного потока в сердечнике головки (рис. 7).

Воспроизводящая головка должна обеспечивать хорошую передачу всех звуковых частот при возможно меньшей скорости движения звуконосителя.

Искажения, возникающие в процессе воспроизведения, будут рассмотрены ниже. В основном это частотные искажения, а также различного рода помехи, которые особенно ощутимы потому, что величина ЭДС воспроизводящей головки обычно не превышает нескольких милливольт.

## ИСКАЖЕНИЯ ПРИ МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Для получения высококачественного воспроизведения звука необходимо, чтобы звукозаписывающая аппаратура обеспечивала минимальные искажения записываемого сигнала

В магнитной звукозаписи источниками искажений могут являться усилительные устройства, звуконоситель, магнитные головки и лентопротяжный механизм.

**Частотные искажения.** Источником частотных искажений являются усилители, головки и ферромагнитная лента. Устранить эти искажения можно путем взаимной компенсации. Для этого определяют искажения, вносимые ферромагнитной лентой и головками, а затем компенсируют их в усилительном устройстве.

**Частотные искажения за счет конечного размера рабочего зазора головок («щелевые» искажения).** Причина этих искажений при записи заключается в следующем.

Допустим, что звуконоситель движется со скоростью  $V$  над рабочим зазором записывающей головки, ширину которого обозначим через  $\delta$ . Фактически ширина рабочего зазора головки благодаря полю рассеяния имеет несколько большую величину, чем его геометрические размеры. Ориентировочно считают, что эффективные размеры рабочего зазора головки  $\delta_e$  на 40% превышают его геометрические размеры.

Время, в течение которого каждый элемент ферромагнитной ленты подвергается действию поля записывающей головки, равно  $t = \frac{\delta}{V}$ .

При записи низких и средних звуковых частот, то есть когда период записываемого колебания  $T \gg t$ , можно считать, что в течение всего времени пребывания элементарного участка ферромагнитной ленты над рабочим зазором записывающей головки направление поля, действующего на звуконоситель, остается неизменным. На высших же частотах, когда  $t$  соизмеримо с периодом записываемого колебания  $T$ , поле успевает измениться по величине и направлению. Это приводит к некоторому ослаблению намагниченности ферро-

магнитной ленты, то есть к ослаблению записи высоких частот. Необходимо отметить, что в действительности процесс возникновения «щелевых» искажений при записи усложняется за счет неравномерного распределения магнитного поля в рабочем зазоре, а также из-за наличия в обмотке записывающей головки тока высокочастотного подмагничивания.

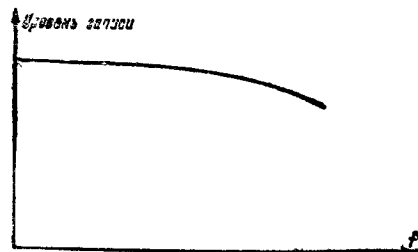


Рис. 8

Таким образом, частотная характеристика записывающей головки с учетом «щелевых» искажений будет выглядеть, как показано на рис. 8

Как же проявляются «щелевые» искажения при воспроизведении?

Известно, что по закону электромагнитной индукции электродвижущая сила, наведенная в вос-

производящей головке ( $E$ ), возрастает пропорционально числу витков обмотки ( $n$ ) и скорости изменения величины магнитного потока.

При записи синусоидального тока

$$E = n\omega \Phi_{\max} \sin \omega t,$$

то есть электродвижущая сила, наведенная в воспроизводящей головке, возрастает пропорционально частоте записанных колебаний. Поэтому частотная характеристика головки должна быть такой, как показано на рис. 9 (при условии, что величина намагниченности звуконосителя при записи постоянна на всех частотах).

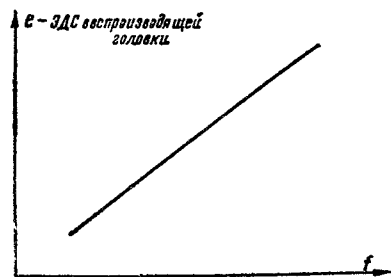


Рис. 9

Однако из-за наличия «щелевых» искажений такая зависимость практически нарушается, так как с ростом частоты длины волн записанных колебаний ( $\lambda$ ) становятся соизмеримыми с шириной рабочего зазора ( $\delta$ ) и отдача головки (ЭДС, наводимая в ее обмотке) уменьшается. На рис. 10 показаны случаи воспроизведения низких и высоких частот (где  $\delta_s$  — эффективная ширина рабочего зазора головки;  $\delta_s > \delta$  ввиду того, что головка взаимодействует не только с магнитным полем

звуконосителя в рабочем зазоре головки, но и несколько большей областью).

В случае, когда эффективная ширина рабочего зазора равна длине волны записанных колебаний (рис. 10, б), среднее значение магнитного потока внутри зазора будет равно нулю и в обмотке воспроизводящей головки не будет наводиться электродвижущая сила.

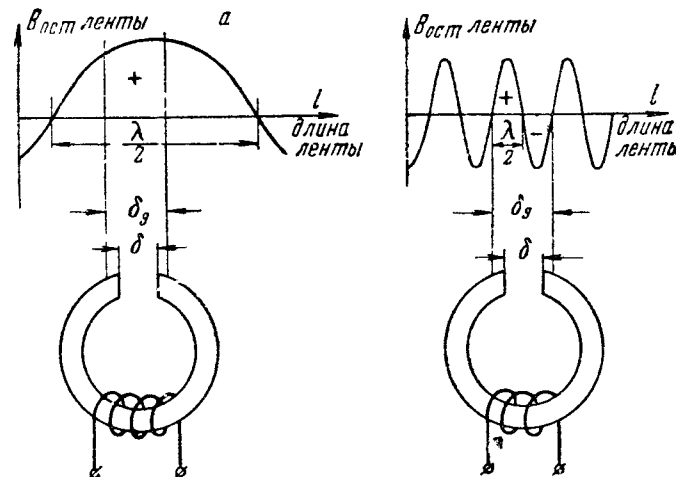


Рис. 10

Электродвижущая сила в обмотке головки будет также равна нулю на тех частотах, для которых ширина рабочего зазора больше длины волн записанных колебаний в целое число раз.

Частотная характеристика воспроизводящей головки с учетом «щелевых» искажений приведена на рис. 11 (частота  $f_1$  соответствует длине волны записанного колебания, период которого равен ширине эффективного рабочего зазора головки).

Следует иметь в виду, что с повышением частоты сильно возрастают магнитные потери в головке при записи и увеличивается электрическое сопротивление обмотки; поэтому реальная частотная характеристика воспроизводящей головки может быть изображена так, как показано пунктиром на рис. 11.

Обычно работа происходит лишь в пределах первого пика частотной характеристики воспроизводящей головки, так как работа на других участках кривой оказывается малоэффективной.



Величина «щелевых» искажений фактически зависит не от частоты записываемого сигнала ( $f$ ), а от отношения ширины рабочего зазора головки ( $\delta$ ) к длине волны ( $\lambda$ ):

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta f}{v}.$$

Для одной и той же частоты искажения будут тем меньше, чем больше скорость движения звуконосителя, потому

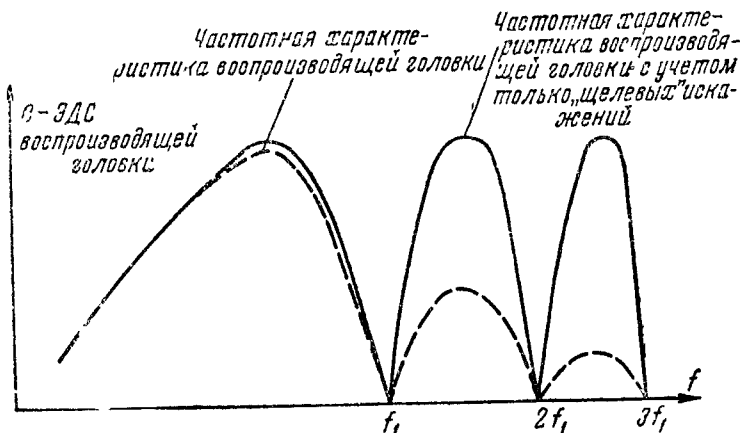


Рис 11

что при данной ширине рабочего зазора головки с увеличением скорости движения звуконосителя увеличивается и длина волны записанного колебания; таким образом, увеличение скорости движения звуконосителя позволяет расширить полосу записываемых частот.

Знакомство с процессом возникновения «щелевых» искажений в магнитных головках показывает, что некоторое уменьшение рабочего зазора должно привести к увеличению отдачи головки на высоких частотах. Однако при слишком малом зазоре отдача падает, так как энергия магнитного поля, поступающая в сердечник головки, оказывается недостаточной для возбуждения нужной ЭДС.

Для уменьшения эффективного размера рабочего зазора головки нужно также, чтобы магнитное сопротивление сердечника головки было значительно меньше магнитного сопротивления звуконосителя. В противном случае в месте их соприкосновения будет наблюдаться частичный переход магнитного потока, помимо рабочего зазора головки, что приведет к расширению эффективного зазора головки и, следовательно, к увеличению «щелевых» искажений.

Магнитное сопротивление материала определяется величиной его магнитной проницаемости. Для соблюдения указанного выше условия магнитная проницаемость звуконосителя должна быть много меньше магнитной проницаемости сердечника головки.

Однако невыгодно иметь звуконоситель со слишком малой магнитной проницаемостью; это дает слабую намагниченность и, следовательно, малую отдачу при воспроизведении.

У ферромагнитных лент магнитная проницаемость  $\mu = 4 \div 6$ . Поэтому приходится делать сердечники записывающих и особенно воспроизводящих головок из материалов, обладающих высокой магнитной проницаемостью, например пермаллоя.

Частотные искажения за счет перекоса рабочих зазоров головок. Важное значение с точки зрения уменьшения частотных искажений имеет расположение рабочих зазоров записывающей и воспроизводящей головок. Рабочие зазоры головок должны быть расположены строго параллельно друг другу и перпендикулярно к движению ферромагнитной ленты.

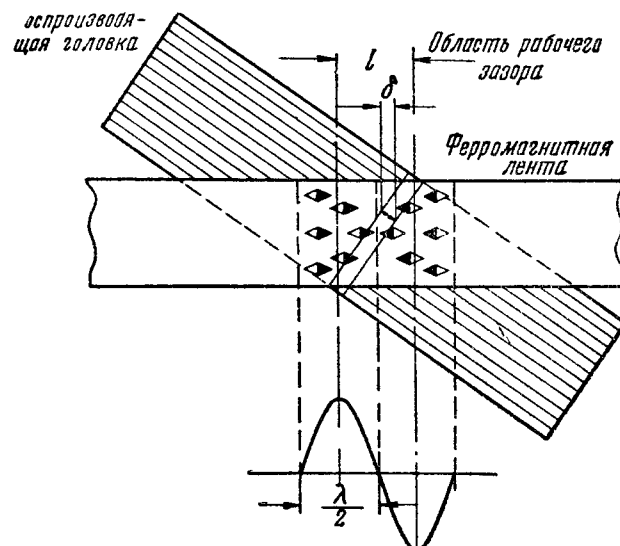


Рис 12

Даже небольшой их перекос приводит к значительному ухудшению частотной характеристики при воспроизведении в области высоких частот. Объясняется это тем, что при записи высоких частот длина волны записанных колебаний становится соизмеримой с размерами перекоса рабочего за-

зора головки. Иначе говоря, перекося эквивалентен расширению эффективных размеров рабочего зазора воспроизводящей головки (рис. 12).

**Частотные искажения, возникающие за счет звуконосителя.** Как указывалось, намагниченный звуконоситель можно условно представить состоящим из магнитных диполей, расположенных по его длине (длина каждого диполя равна половине длины волны записанного колебания  $\frac{\lambda}{2}$ ). При записи низких частот диполи получаются сравнительно длинными. По мере увеличения частоты длина диполей уменьшается и

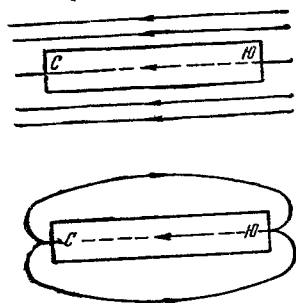


Рис. 13

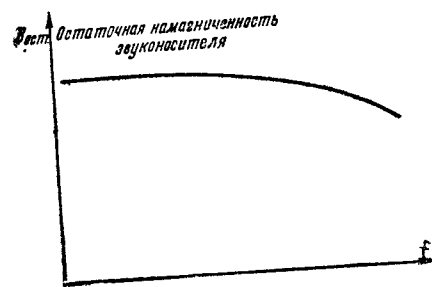


Рис. 14

может быть соизмеримой с их поперечным сечением (толщиной ферромагнитной ленты).

Известно, что каждому магниту с разомкнутыми полюсами свойственен «эффект саморазмагничивания». Это объясняется тем, что силовые линии вне магнита имеют направление, обратное тому, которое имели силовые линии намагничивающего поля (рис. 13). Эффект саморазмагничивания проявляется тем сильнее, чем больше отношение поперечного сечения магнита к его длине. Эффект саморазмагничивания приводит к некоторому уменьшению остаточной намагниченности ферромагнитной ленты.

Частотная характеристика с учетом только эффекта саморазмагничивания приведена на рис. 14. Эффект саморазмагничивания связан не просто с частотой, а с отношением длины волны записанных колебаний к размерам поперечного сечения ферромагнитного слоя звуконосителя.

Как уже говорилось, длина магнитных диполей, образующихся при записи, прямо пропорциональна скорости движения звуконосителя. Поэтому чем выше скорость движения ферромагнитной ленты, тем меньше проявляются частотные искажения за счет эффекта саморазмагничивания.

Другим видом частотных искажений, присущих звуконосителю, является так называемый «эффект проникновения».

Установлено, что короткие области однонаправленного намагничивания, соответствующие записи более высоких частот, проникают в ферромагнитный слой на меньшую глубину, чем более длинные, и, следовательно, дают меньший эффект при воспроизведении. Считается, что глубина, на которую проникает намагничивающее поле в ферромагнитную ленту, не превышает на низких и средних частотах 25 микрон и уменьшается на высоких частотах.

Таким образом, частотная характеристика звуконосителя зависит от толщины его рабочего слоя. Если толщина рабо-

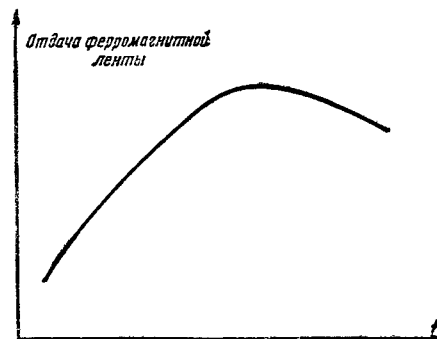


Рис. 15

чего слоя звуконосителя превышает 25 микрон, то большая часть площади сечения рабочего слоя ленты останется неиспользованной, так как в него не проникнет магнитный поток. Применение тонкого ферромагнитного слоя, обеспечивающего полное проникновение низких и высоких частот, позволяет свести к минимуму частотные искажения звуконосителя за счет эффекта проникновения.

Следует отметить, что в диапазоне звуковых частот при существующих ферромагнитных лентах эффект проникновения и саморазмагничивания сказывается незначительно.

Сложение всех частотных искажений, возникающих за счет головок и звуконосителя в процессе записи и воспроизведения, позволяет получить суммарную частотную характеристику магнитной звукозаписи (рис. 15), но без учета частотных характеристик усилителей.

**Шумовые искажения при магнитной звукозаписи.** Остановимся на помехах за счет шумов, которые прослушиваются при воспроизведении звука. Источником этих помех являются: шумы усилителей, электромагнитные наводки от двигателей лентопротяжного механизма, а также шумы ферромагнитной ленты. В этом разделе мы рассмотрим лишь специфич-

ческие шумы, присущие магнитной звукозаписи. К помехам такого рода следует отнести шумы ферромагнитной ленты и так называемый «копирэффekt».

Причиной шумов ферромагнитной ленты является зернистая структура и связанная с этим магнитная неоднородность рабочего слоя, обусловленная тем, что зерна, из которых состоит ферромагнитный слой, обычно имеют разную величину; концентрация их в слое тоже не всегда одинаковая. Поэтому даже при воздействии постоянного поля записывающей головки (например, при намагничивании постоянным током) отдельные элементы звуконосителя приобретут различное остаточное намагничивание. В результате магнитный поток в сердечнике воспроизводящей головки будет пульсировать, создавая в обмотке шумовую ЭДС.

Шум звуконосителя проявляется только тогда, когда последний имеет остаточное намагничивание. Следует различать два вида шума: шум в паузах и шум при воспроизведении записанного звукового сигнала, или так называемый «модуляционный шум».

Особенно заметен шум ферромагнитной ленты при отсутствии звукового сигнала. Применение высокочастотного тока для подмагничивания и стирания позволяет существенно снизить шум звуконосителя.

Уменьшение шума объясняется тем, что предварительно размагниченный звуконоситель, проходя в паузе над рабочим зазором записывающей головки, вторично подвергается стиранию высокочастотным полем подмагничивания.

Однако и при использовании высокочастотного режима записи и стирания в паузах иногда прослушивается шум. Причиной его может явиться несимметричная форма колебаний высокочастотного тока и возникающая при этом постоянная слагающая остаточной индукции в звуконосителе.

Одной из причин «модуляционных шумов» является также неоднородность магнитной структуры ферромагнитной ленты. Модуляционный шум возникает лишь при появлении звукового сигнала, и его уровень меняется примерно пропорционально амплитуде записанного сигнала. В данном случае шум связан с модуляцией в процессе записи.

Таким образом, чем мельче и однороднее зерна ферромагнитной ленты, тем ровнее будет покрытие, а следовательно, меньше шумы. Как показывают исследования, с увеличением числа проигрываний рабочая поверхность ферромагнитного слоя ленты постепенно сглаживается, что приводит к снижению шумов.

Другой причиной появления модуляционных шумов являются продольные колебания звуконосителя при его движении над рабочими зазорами головок, а также неплотное прилегание звуконосителя к головкам

Говоря о шумовых искажениях за счет звуконосителя, следует остановиться на так называемом «копирэффекте», который в настоящее время является основным недостатком магнитной звукозаписи. Копирэффekt заключается в следующем. Если ферромагнитная лента смотана в рулон, то возможен случай, когда сильно намагниченный участок звуконосителя (при громких звуках) будет находиться рядом с участками, соответствующими паузе. В результате участки пауз тоже намагнитятся, и это приведет при воспроизведении к многократному повторению одного и того же сигнала (явление, напоминающее обычное эхо).

Копирэффekt проявляется не только на участках, соответствующих паузам при записи, но и на участках ферромагнитной ленты с записью; однако в этом случае он маскируется основным сигналом и ощущается слабее.

Наиболее ощутимо копирэффekt проявляется в среднем диапазоне звуковых частот. Происходит это потому, что при записи низких частот на ферромагнитной ленте образуются длинные диполи. Магнитное поле таких диполей проходит по воздуху большой путь, что сильно ослабляет его. Воздействие такого поля на соседние слои ленты будет небольшим. На высоких частотах длина образующихся диполей становится соизмеримой с расстояниями между слоями и их магнитные поля не доходят до соседних слоев.

Неприятное действие копирэффекта особенно ощутимо при речевых записях, когда во время пауз прослушиваются иногда целые слова. Копирэффekt зависит от времени хранения рулона с ферромагнитной лентой и проявляется тем сильнее, чем дольше хранился рулон. Наибольший рост копирэффекта происходит в течение первого часа хранения, затем копирэффekt увеличивается медленнее. Пока еще не существует надежных способов для устранения копирэффекта, поэтому приходится идти по пути отбора ферромагнитных лент, у которых копирэффekt проявляется слабо.

**Нелинейные искажения.** Источниками нелинейных искажений при магнитной звукозаписи могут являться звуконоситель, изменение скорости движения звуконосителя при записи и воспроизведении, головки и усилительные устройства.

Мы не будем останавливаться на нелинейных искажениях, возникающих за счет усилителей. Причины появления таких искажений и способы их снижения достаточно подробно описаны в литературе.

Основным источником нелинейных искажений в магнитной звукозаписи является звуконоситель. Причина появления нелинейных искажений за счет звуконосителя заключается в нелинейности кривой зависимости остаточной индукции в звуконосителе от напряженности магнитного поля, а

также в неправильном выборе величины тока подмагничивания.

Как показывают экспериментальные данные, изменение величины тока подмагничивания приводит к значительному изменению качественных показателей магнитной звукозаписи.

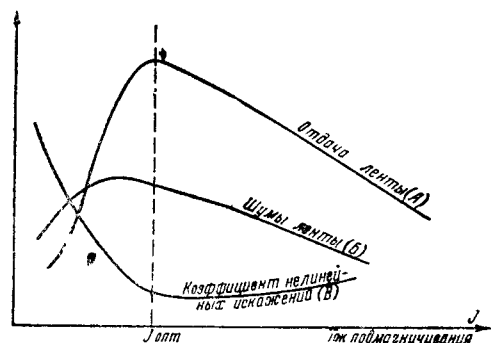


Рис. 16

Кривая А (рис. 16) показывает влияние тока подмагничивания на уровень намагниченности ферромагнитной ленты. Мы видим, что уровень намагниченности (отдача звуконосителя при воспроизведении) повышается до некоторого оптимального значения тока подмагничивания, а затем по мере дальнейшего возрастания этого тока начинает уменьшаться, так как происходит частичное стирание записи.

На рисунке видно, что минимальные нелинейные искажения звуконосителя (кривая В) получаются примерно при оптимальной величине тока подмагничивания. Кривая Б показывает зависимость величины шумов ленты от тока подмагничивания. Из рисунка видно, что при увеличении тока подмагничивания сверх оптимального шумов ленты становятся слабее. О том, как выбирать величину тока подмагничивания для обеспечения высококачественной магнитной звукозаписи, будет сказано в главе IX.

Нелинейные искажения, создаваемые головками, обычно незначительны. Дело в том, что воспроизводящая головка работает при очень малых токах. Записывающая — хотя и работает при сравнительно большом токе в ее обмотке, но выбор материала сердечника и наличие дополнительного заднего зазора уменьшают возможность магнитного насыщения сердечника.

Искажения за счет непостоянства скорости движения звуконосителя. Наряду с искажениями, возникающими в усили-

тельном тракте записывающего устройства, источником искажений может явиться и механическая часть лентопротяжного механизма магнитофона. Эти искажения обусловлены неравномерным протягиванием звуконосителя.

Нужно различать следующие основные случаи.

Скорость движения звуконосителя может медленно возрастать или убывать во время очередной записи или воспроизведения, а также при длительной эксплуатации магнитофона.

В этом случае происходит изменение тональности звука (если скорость звуконосителя уменьшится в  $n$  раз, то все частоты в спектре звукового колебания также понизятся в  $n$  раз; при увеличении скорости звуконосителя в  $n$  раз все частоты в спектре записанного колебания также увеличатся в  $n$  раз).

Для устранения подобных искажений необходимо, чтобы отклонение средней скорости движения звуконосителя от номинальной не превышало 0,1%.

Наряду с медленными колебаниями скорости звуконосителя возможны быстрые изменения с частотами от десятых долей до десятков герц.

Эти мгновенные колебания скорости звуконосителя также приводят к появлению искажений звукозаписи. Они особенно заметны при воспроизведении высоких частот. Искажения, вызванные такими колебаниями скорости движения звуконосителя, принято называть детонацией. Величина детонации движения звуконосителя обычно характеризуется отношением  $\frac{\Delta V_m}{V}$ , где  $\Delta V_m$  — величина максимального отклонения скорости от номинальной;  $V$  — скорость движения звуконосителя.

Величину детонации, измеренную в процентах, обычно называют коэффициентом детонации.

Следует различать так называемую детонацию первого рода, когда частота колебания скорости звуконосителя не превышает 10 гц, и детонацию второго рода, вызванную изменением частоты колебания скорости звуконосителя, превышающей 10 гц.

При мгновенных колебаниях скорости движения звуконосителя возникают частотные и нелинейные искажения. Последние характеризуются появлением дополнительных комбинационных частот, ранее не существовавших на звуконосителе.

Установлено, что наибольшим искажениям подвергаются высокие частоты. Исследования показывают, что искажения, возникающие за счет мгновенного изменения скорости движения звуконосителя, по-разному воспринимаются человеческим ухом.

Эти искажения наиболее заметны при воспроизведении музыкальных произведений (особенно протяжных нот), чем при воспроизведении речевых записей. Ухо наиболее чувствительно к детонациям первого рода (низкочастотным), а также к толчкообразным изменениям скорости звуконосителя.

Чувствительность человеческого уха к искажениям, возникающим за счет мгновенного изменения скорости движения звуконосителя, возрастает с увеличением частоты воспроизводимого сигнала.

Для иллюстрации искажений, возникающих при мгновенных колебаниях скорости звуконосителя, отметим, что при детонации первого рода (иногда ее называют «плаванием звука») звучание длительных рояльных аккордов становится похожим на звучание гавайской гитары. Детонация второго рода (часто называемая «расщеплением звука») особенно заметна при записи флейты или кларнета; создается впечатление, что звук «расщепляется» на два звука, несколько отличных по частоте (вместо одной флейты или одного кларнета слышны два звучащие в унисон инструмента).

Искажения, вызываемые мгновенными колебаниями скорости движения звуконосителя, в конечном счете обуславливаются качеством выполнения и конструкцией лентопротяжного механизма. Эти искажения практически не будут ощущаться, если колебания скорости движения звуконосителя не будут превышать определенной величины; для неискаженной записи отношение  $\frac{\Delta V_m}{V}$  не должно превышать  $\pm 0,05\%$ .

### СПОСОБЫ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

В современных магнитофонах используются головки кольцевого типа, позволяющие производить продольную магнитную запись — такую запись, при которой направление магнитного поля совпадает с направлением движения звуконосителя.

По количеству звуковых дорожек, расположенных на стандартной ферромагнитной ленте, различают одноканальную и многоканальную магнитную запись. При одноканальной магнитной записи звуковая дорожка занимает всю ширину ферромагнитной ленты; при многоканальной — вдоль ферромагнитной ленты наносятся две или несколько звуковых дорожек.

В магнитофонах применяется одноканальная или двухканальная магнитная запись.

Основным преимуществом двухканальной записи является меньший расход ферромагнитной ленты, так как время записи при том же количестве звуконосителя может быть

увеличено вдвое. Это обстоятельство особенно существенно для любительских и массовых магнитофонов.

К недостаткам двухканальной записи следует отнести взаимное магнитное влияние соседних дорожек (так называемые переходные искажения), которое заставляет увеличивать расстояние между дорожками. При этом ширина каждой дорожки уменьшается, а следовательно, уменьшается и уровень полезного сигнала при воспроизведении.

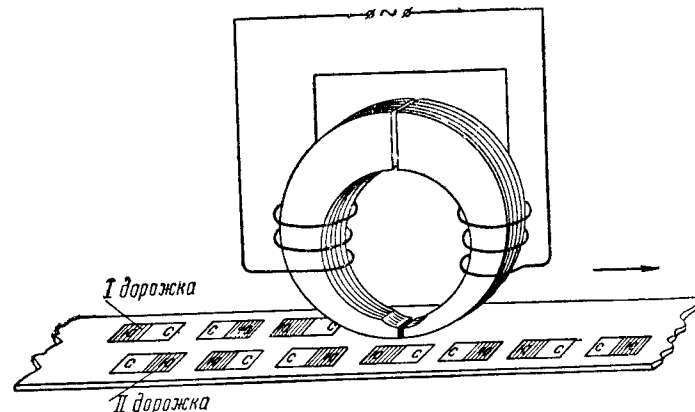


Рис 17

По сравнению с одноканальной при двухканальной записи уровень сигнала получается на 8—10 дБ меньше. Такое уменьшение сигнала приходится компенсировать путем увеличения усиления при воспроизведении. В результате возрастает относительный уровень шумов и фона, а это, как известно, сужает динамический диапазон.

При двухканальной записи значительно труднее отыскать нужную запись; кроме того, нельзя производить монтаж.

Из-за перечисленных выше недостатков двухканальная запись не применяется в высококачественных профессиональных магнитофонах, однако она получает все большее распространение в массовых и любительских магнитофонах с низкими скоростями движения ленты, где указанные недостатки не так существенны.

Двухканальная запись с параллельным расположением звуковых дорожек. При этом способе записи звуковые дорожки расположены по ширине ленты так, как показано на рис. 17. Этот вид записи в настоящее время получил наибольшее распространение.

Для устранения магнитного влияния соседних дорожек между ними должен иметься промежуток. При выборе величины промежутка необходимо учитывать, что взаимное влияние дорожек возрастает с повышением скорости движения ферромагнитной ленты и уменьшением частоты записываемых колебаний.

Как известно, длина волны записанных колебаний  $\lambda = \frac{v}{f}$ . Чем больше длина волны, тем больше длина магнитного диполя и, следовательно, тем на большее пространство воздействует его поле рассеяния.

Наиболее ощутимо взаимное влияние дорожек на частотах 40–200 гц. На рис. 18 приведены кривые, характеризующие уменьшение уровня переходной помехи от записи на соседней дорожке в зависимости от величины промежутка между дорожками. Каждая кривая соответствует определенной длине волны.

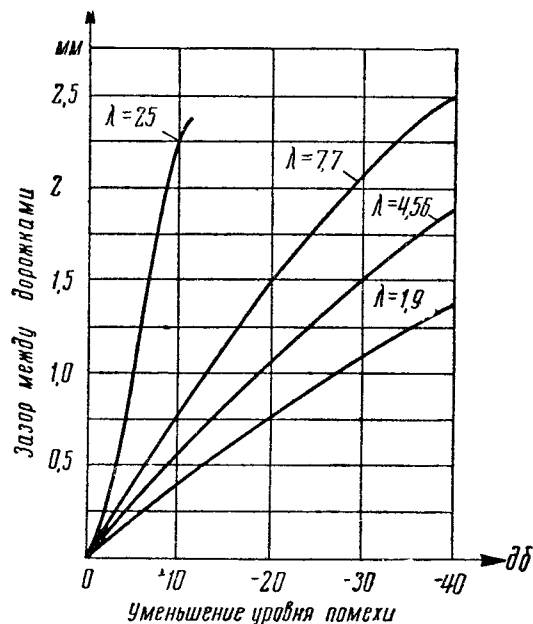


Рис. 18

Задавшись скоростью движения звуконосителя и нижней частотой рабочего диапазона, можно найти  $\lambda = \frac{v}{f_n}$ . Затем, пользуясь графиком, находим необходимую величину промежутка между дорожками для получения заданного уменьшения уровня переходной помехи. Так, для магнитофона,

работающего при скорости движения звуконосителя 190,5 мм/сек и при  $f_n = 100$  гц ( $\lambda = 1,9$ ), для ослабления уровня переходной помехи на 25 дБ ширина промежутка должна быть не менее 0,75 мм. При скорости 456 мм/сек промежуток должен быть не менее 1,4 мм, а при скорости 762 мм/сек — не менее 1,8 мм. Такая величина ослабления совершенно недостаточна для высококачественных магнитофонов, где ослабление влияния соседних дорожек должно быть более 50 дБ (это, в свою очередь, потребует еще большего расширения промежутка и, учитывая конечную ширину ленты (6,35 мм), уменьшит уровень сигнала при воспроизведении). Отсюда ясно, почему целесообразно использовать двухдорожечную запись лишь при низких скоростях движения звуконосителя (порядка 190,5 мм/сек и менее).

**Двухдорожечная запись с перекосом рабочих зазоров магнитных головок.** Этот способ основан на эффекте перекоса рабочего зазора головки и векторных свойствах намагничивания.

Допустим, что продольно расположенные силовые линии внешнего магнитного потока звуконосителя при движении последнего пересекают неподвижный проводник. Очевидно, в проводнике возникает ЭДС. Если теперь проводник повернуть на 90° так, чтобы его направление совпало с силовыми линиями магнитного поля звуконосителя, то силовые линии уже не будут пересекать проводник и ЭДС в нем наводиться не будет (рис. 19).

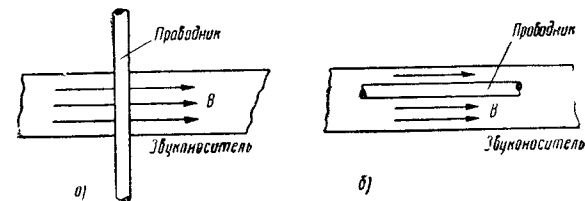


Рис. 19

Аналогичное явление получается, если вместо проводника взять рабочий зазор головки записи (б). Расположим рабочий зазор записывающей головки под углом 45° к направлению движения ленты. При этом, как известно, намагничивание звуконосителя будет происходить в направлении, перпендикулярном зазору. Возникающая в результате записи ленты остаточная намагниченность даст внешний поток  $\Phi_1$ , силовые линии которого будут наклонены под углом 45° к продольному направлению ленты (рис. 20, а). Затем рабочий зазор записывающей головки повернем на угол 90° и

вновь произведем запись. При этом направление силовых линий остаточной намагниченности  $\Phi_2$  будет отличаться также на угол  $90^\circ$  (рис. 20,б).

Очевидно, что для воспроизведения надо воспользоваться головками, направление рабочих зазоров которых совпадает с направлением рабочих зазоров записывающих головок. Тогда на воспроизводящую головку с расположением

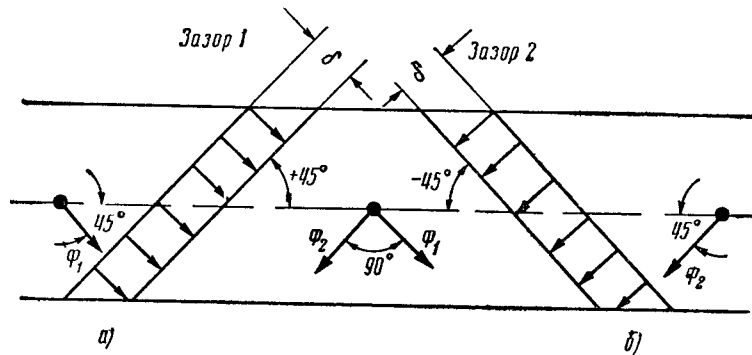


Рис 20

рабочего зазора, соответствующего случаю, показанному на рис. 20,а, будет воздействовать только компонента магнитного поля  $\Phi_1$ , а компонента  $\Phi_2$  не наводит ЭДС в головке, так как она параллельна рабочему зазору.

Таким образом, можно осуществить независимо запись двух дорожек на одной и той же ленте.

Следует иметь в виду, что малейший перекося рабочих зазоров может существенно уменьшить величину воспроизводимого сигнала.

Указанный способ получения двухдорожечной записи дает выигрыш в расширении динамического диапазона на 12 дБ, по сравнению с двумя параллельно расположенными дорожками. Хотя при двухдорожечной записи с перекося рабочих зазоров используется вся ширина ленты, однако на частотную характеристику оказывает влияние составляющая скорости, которая перпендикулярна рабочему зазору. Поэтому, чтобы получить такой же частотный диапазон передачи, как и при рабочем зазоре, ориентированном перпендикулярно направлению движения звуконосителя, надо либо увеличить в  $\sqrt{2}$  раз скорость движения ленты, либо уменьшить во столько же раз величину рабочего зазора.

В простейшем случае для получения такой записи можно воспользоваться двумя универсальными головками, рабочие зазоры которых расположены под углами  $45^\circ$  и  $135^\circ$  к направлению движения звуконосителя, или использовать

одну универсальную головку, изменяя ее наклон на угол  $\pm 45^\circ$  к направлению движения ленты.

Однако возможно и применение специальных конструкций магнитных головок с взаимно-перпендикулярными зазорами Х- или У-образной формы.

Для одновременного стирания обеих дорожек можно использовать обычную типовую стирающую головку, рабочий зазор которой перпендикулярен направлению движения ферромагнитной ленты.

## Глава II

### КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАГНИТОФОНОВ

В связи с широким развитием магнитной записи как для профессиональной, массовой, так и любительской аппаратуры необходимо установить определенные нормы на основные параметры магнитофонов. Стандартизация позволяет производить обмен записями, выполненными на различных магнитофонах, и прослушивать массовые магнитофильмы с записями художественных произведений.

Такие массовые магнитофильмы, выпускаемые нашей промышленностью, предназначены для воспроизведения на магнитофонах с определенной скоростью движения звуконосителя и определенной частотной характеристикой. Массовые магнитофильмы, подобно грампластинкам, найдут широкое применение и позволят использовать магнитофон как обычный патефон.

В настоящее время Всесоюзным научно-исследовательским институтом звукозаписи и Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР разработаны стандарты на основные параметры магнитофонов. При разработке стандартов были учтены соответствующие международные рекомендации по технике магнитной записи. Нормы на качественные показатели магнитофонов установлены на основе данных испытания лучших образцов магнитофонов отечественного и зарубежного производства. Стандарты предусматривают возможность обмена записями в международном масштабе и содержат лишь требования, которые являются общими для магнитофонов всех типов.

В основу стандартов положен принцип деления аппаратов магнитной записи на группы в зависимости от используемой номинальной скорости движения ферромагнитной ленты.

При выборе скорости движения звуконосителя обычно исходят из следующих соображений:

1) при увеличении скорости повышается верхняя грани-

ца записываемых частот, что позволяет повысить качество записи;

2) с увеличением скорости увеличивается расход звуконосителя, а также увеличивается износ звуконосителя, головок и лентопротяжного механизма;

3) записи, сделанные с высокой скоростью, легче монтировать, так как протяженность записанного звука на звуконосителе будет больше (требуется меньшая точность в определении места склейки);

4) с увеличением скорости движения звуконосителя требуется меньшая точность установки параллельности рабочих зазоров записывающей и воспроизводящей головок, так как увеличивается длина волны записанных на ленте колебаний;

5) при воспроизведении записей, сделанных на низкой скорости, прослушиваются «щелчки» в местах склейки (в случае обрыва ферромагнитной ленты).

Таким образом, при выборе скорости движения звуконосителя приходится сталкиваться с рядом противоречивых требований.

В профессиональной аппаратуре магнитной звукозаписи первостепенное значение имеет качество записи, поэтому скорость звуконосителя выбирают достаточно высокой. Расход ленты, износ лентопротяжного механизма и другие факторы не имеют при этом решающего значения.

В массовых (бытовых) и любительских магнитофонах, наоборот, решающее значение приобретают расход звуконосителя и срок службы магнитофона.

Исходя из перечисленных выше требований, в настоящее время для магнитофонов промышленного изготовления приняты следующие значения скоростей движения звуконосителя: 762; 381; 190,5; 95,3; 47,6 и 23,8 мм/сек и т. д.

Наряду с этими скоростями в кино, где нужно синхронизировать звук с изображением, применяется еще одна скорость движения звуконосителя, равная 456 мм/сек, соответствующая скорости движения 35 мм киноленты. Работа с этой скоростью требует перфорированного звуконосителя.

При конструировании любительских магнитофонов целесообразно придерживаться разработанных общесоюзных стандартов, поэтому ниже приводится краткое изложение ГОСТа 8088-56 группа У46 «Магнитофоны. Основные параметры». Настоящие стандарты распространяются на магнитофоны, предназначенные для записи или воспроизведения музыки и речи, работающие с использованием ферромагнитной ленты шириной 6,35 мм.

Нормы на качественные показатели отдельных групп магнитофонов, в зависимости от используемой скорости движения звуконосителя, сведены в табл. 1.



Таблица

Параметры	Группа магнитофонов				
	6	38	19	9	5
1 Номинальная скорость движения магнитной ленты при записи и (или) воспроизведении см/сек	76,2	38,1	19,05	9,53	Менее 9,53
2 Отклонение скорости движения магнитной ленты от заданного в пункте 1 таблицы номинального значения, % (не более)	±0,2	±0,2	±2	±2	—
3 Коэффициент неравномерности скорости движения магнитной ленты при воспроизведении, % (не более)	±0,2	—	—	—	—
4 Пределы полосы частот записи и воспроизведения по электрическому напряжению:					
нижний предел, гц (не более)	30	30	50	100	—
верхний предел, гц (не менее)	15 000	15 000	10 000	6 000	—
5 Неравномерность сквозной частотной характеристики по электрическому напряжению	В пределах полосы частот, указанной в пункте 4 настоящей таблицы, частотная характеристика должна укладываться в поле допусков, приведенных: для магнитофонов групп 76 и 38 — на рис. 21,а и для магнитофонов групп 19 и 9 — на рис. 21,б				
6 Частотная характеристика канала воспроизведения по электрическому напряжению	При воспроизведении участка измерительной ленты (тестфильма), предназначенного для проверки частотной характеристики воспроизведения, последние в пределах частот, указанных в пункте 4 настоящей таблицы, должна укладываться в поле допусков, приведенных для магнитофонов групп 76 и 38 — на рис. 21,а и для магнитофонов групп 19 и 9 — на рис. 21,б.				
7 Отношение уровня шума сквозного канала к максимальному уровню записи на магнитной ленте по электрическому напряжению, дб (не хуже)	—60	—60	—35	—35	—

Продолжение

Параметры	Группа магнитофонов				
	76	38	19	9	5
8 Коэффициент нелинейных искажений сквозного канала при максимальном уровне записи на магнитной ленте при частоте 400 гц по электрическому напряжению, % (не более)	3	2	5	5	—
9 Устройство для намотки магнитной ленты	Сердечник по ГОСТ 7705-55			Кассеты по ГОСТ 7704-55	
10 Положение рабочей стороны магнитной ленты при намотке на кассеты и сердечники	Наружу рулона			Внутри рулона	
11 Направление вращения сматываемого рулона магнитной ленты при записи и воспроизведении	Против часовой стрелки			Предпочтительно против часовой стрелки	
12 Направление и расположение звуковых дорожек при двухдорожечной записи с взаимно противоположным направлением дорожек	<p>При движении магнитной ленты слева направо и расположении ее обратной стороной к наблюдателю, — верхняя дорожка должна обозначаться № 1, нижняя дорожка — № 2</p> <p>Дорожки должны записываться с взаимно противоположным направлением. Дорожка № 1 должна записываться первой, дорожка № 2 — второй (рис. 22,а)</p> <p>Расстояние между дорожками записи должно быть не менее 0,75 мм, между дорожками стирания — 0,3 ÷ 0,5 мм</p>				
13 Направление и расположение звуковых дорожек при многодорожечной стереофонической записи	<p>При движении магнитной ленты слева направо и расположении ее обратной стороной к наблюдателю крайняя верхняя дорожка должна обозначаться № 1, следующая вниз — № 2 и т. д. Дорожка № 1 должна содержать запись для крайнего левого, в направлении от слушателей, канала, дорожка № 2 — запись для соседнего направо канала и т. д. (рис. 22,б). Рабочие зазоры записывающих магнитных головок всех дорожек должны быть расположены на одной линии. При двухдорожечной записи расстояние между звуковыми дорожками должно быть не менее 0,75 мм.</p>				

Нормы на качественные показатели, приведенные в табл. 1, исходят из применения для магнитофонов группы 76 ферромагнитной ленты типа 1, для магнитофонов остальных групп — типа 2.

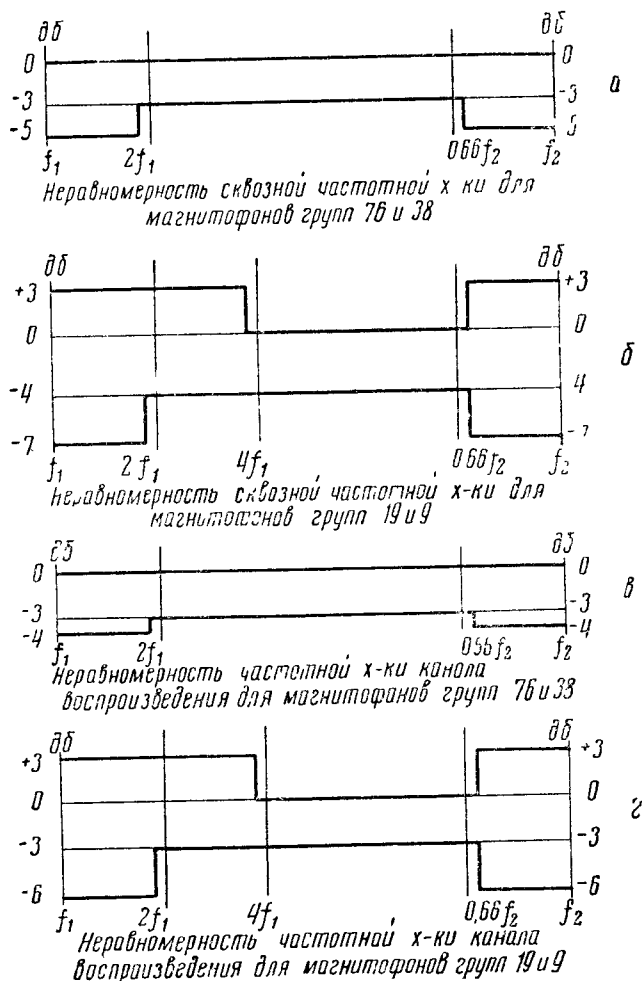


Рис. 21

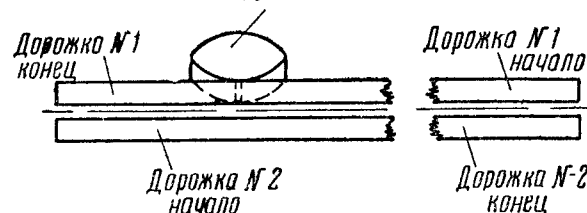
Следует заметить, что в табл. 1 не приведены нормы на коэффициент неравномерности скорости движения звуконосителя для магнитофонов групп 38, 19, 9 и ниже, так как они пока еще не установлены.

В стандартах дана также методика измерения основных качественных показателей магнитофонов. Так, например,

измерение скорости движения звуконосителя производится при времени усреднения не более 100 сек.

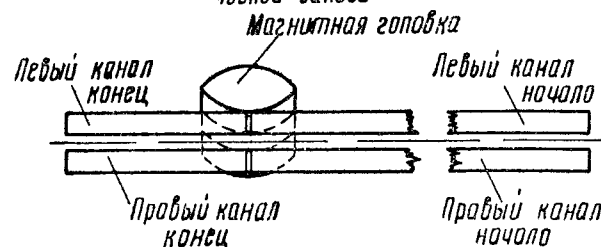
Коэффициент неравномерности скорости движения ленты определяется путем измерения пикового значения переменной составляющей скорости в полосе частот не уже  $0,5 \div 300$  гц

Порядок записи звуковых дорожек при двухдорожечной записи с взаимнопротивоположным направлением дорожек



Направление движения ленты →  
Вид на обратную сторону магнитной записи

а) Порядок записи звуковых дорожек при стереофонической записи



Направление движения ленты →  
Вид на обратную сторону магнитной ленты

Рис. 22

при воспроизведении соответствующего участка тестфильма. Тестфильм — это специальная контрольная лента с записью определенного звукового диапазона частот, служащая для настройки и проверки магнитофонов. В настоящее время выпускаются тестфильмы РТ-76; РТ-38; РТ-19, которые соответственно предназначены для скоростей 762; 381; 190,5 мм/сек. Подробнее о тестфильмах и работе с ними будет сказано в разделе «Настройка и эксплуатация магнитофонов».

Все электрические характеристики сквозного канала запись — воспроизведения снимаются с использованием в качестве звуконосителя типовой магнитной ленты, которая является частью тестфильма. Проверку неравномерности сквозной частотной характеристики производят при уровне записи примерно на 16 дБ ниже максимального уровня записи.

За максимальный уровень записи принят уровень, соответствующий на частоте 400 гц для магнитофонов группы 76 эффективному значению остаточного магнитного потока звуконосителя 100 миллимаксвелл при использовании ленты типа 1, а для магнитофонов всех остальных групп — 160 миллимаксвелл для ширины звуковой дорожки 6,35 мм и ленты типа 2.

Определение максимального уровня записи производится путем сравнения с известным уровнем тестфильма. Относительный уровень шумов сквозного канала измеряют без применения корректирующих устройств субъективного восприятия.

Для магнитофонов групп 19 и 9 нормы по относительному уровню шума относятся к уровню фона, то есть к уровню помех с частотой менее 200 гц. Для магнитофонов групп 76 и 38 определение относительного уровня шумов сквозного канала должно производиться в пределах полосы частот записи и воспроизведения.

Измерение относительного уровня шумов следует производить по эффективным значениям напряжения с использованием в качестве звуконосителя незаписанного участка тестфильма.

Коэффициент нелинейных искажений сквозного канала измеряют на частоте 400 гц по методу гармоник с помощью измерителя фильтрового типа. Чтобы колебания скорости магнитной ленты не влияли на результаты измерений, необходимо использовать измеритель с фильтром, отсекающим все частоты ниже 500 гц. Нелинейные искажения замеряются при номинальной выходной мощности магнитофона на эквивалентном сопротивлении нагрузки; при этом в качестве звуконосителя, так же как и в предыдущих случаях, используется незаписанный участок тестфильма.

В ГОСТе также указывается, что рабочие зазоры магнитных головок записи и воспроизведения магнитофонов должны быть установлены перпендикулярно к направлению движения ферромагнитной ленты.

Установка рабочих зазоров производится с помощью тестфильмов.

В табл. 1 рассмотрены нормы и требования не только на электрические параметры, но и на эксплуатационные показатели магнитофона (возможность применения определенных

типов кассет, порядок расположения дорожек при многодорожечной записи и т. д.).

Рассмотрим теперь те основные требования, которые предъявляются к современным магнитофонам с точки зрения конструктивного выполнения и удобства их эксплуатации. Хотя эти требования не оговорены в существующем ГОСТе, однако желательно, чтобы они как можно полнее были отражены во вновь разрабатываемых конструкциях.

Выше отмечалось, что магнитофон состоит из двух частей: механической части — лентопротяжного механизма и электрической, включающей в себя усилители, индикаторы уровня записи, генераторы стирания и подмагничивания.

Остановимся на основных требованиях, предъявляемых к лентопротяжному механизму и к электрической части магнитофона.

Требования, предъявляемые к лентопротяжному механизму:

1) высокостабильное протягивание ферромагнитной ленты;

2) наряду с протягиванием звуконосителя с номинальной (рабочей) скоростью возможность ускоренной перемотки ленты в прямом и обратном направлениях.

Скорость ускоренной перемотки должна в пять-десять раз превышать номинальную. Ускоренная обратная перемотка нужна потому, что после записи (для воспроизведения) звуконоситель должен быть перемотан в первоначальное положение.

Когда требуется прослушать только часть ленты, необходима прямая ускоренная перемотка. Если в лентопротяжном механизме она не предусмотрена, то понадобится много времени для «выжидания» нужного участка ленты. Это будет снижать оперативность использования магнитофона;

3) возможность быстрой остановки (торможения) ленты как при рабочем ходе, так и при ускоренной обратной и прямой перемотках.

При ускоренной перемотке остановка ленты необходима в момент, когда подходит нужная для воспроизведения часть рулона. Если просто обесточить электродвигатели, то их роторы, а также и отдельные узлы лентопротяжного механизма, особенно в аппаратах, работающих с высокими скоростями движения ленты, будут по инерции продолжать вращательное, а сама лента — поступательное движение. При этом отдельные участки ленты набегает друг на друга, образуются петли и лента путается, рвется.

Возможность остановки ленты необходима также при рабочем ходе, когда нужно прекратить запись или воспроизведение. Устройства для остановки ленты (тормоза) выполня-

ются так, чтобы при выключении лентопротяжного механизма ферромагнитная лента не образовывала петель;

4) возможность протягивания звуконосителя с несколькими скоростями. Это позволяет существенно экономить ферромагнитную ленту, применяя низкую скорость при невысококачественной записи, например для записи речи, стенографирования и т. д.;

5) возможность применять в массовых магнитофонах двухдорожечную запись. Желательно, чтобы переход с одной дорожки на другую происходил путем реверсирования ведущего двигателя и коммутации головок без снятия и перематывания кассет с ферромагнитной лентой;

6) надежность работы. Лентопротяжный механизм должен быть выполнен так, чтобы он обеспечивал безотказную длительную службу магнитофона;

7) простота управления и обращения. На случай обрыва или при окончании рулона ленты желательно предусмотреть ее автоматическую остановку.

При прямой и обратной перемотках лента должна плотно наматываться на кассеты или бобышки. Съем кассет и заправка ленты не должны отнимать много времени.

Чтобы упростить отыскание участка ленты с нужной записью, необходимо иметь счетчик метража ленты. Желательно иметь приспособление для кратковременной остановки ленты (не выключая лентопротяжного механизма), а также приспособления для воспроизведения записей по определенной установленной программе;

8) бесшумность работы;

9) возможно меньшие габариты и вес (это требование особенно существенно для репортажных магнитофонов);

10) управление лентопротяжным механизмом и переключение усилительных устройств с режима записи на режим воспроизведения желательно производить с помощью клавишного или кнопочного переключателя.

Усилительные устройства магнитофона должны допускать запись с микрофона, звукоснимателя, трансляционной линии и детектора радиоприемника. Усилительные устройства должны иметь выход на внешний усилитель и внешние громкоговорители.

В магнитофоне необходимо иметь индикатор уровня записи, а также желательно контролировать величину тока подмагничивания и стирания.

Кроме того, желательно, чтобы усилительное устройство магнитофона допускало одновременную запись с двух микрофонов и позволяло осуществить наложение на ранее сделанную — новую запись.

Магнитофон должен допускать непрерывную работу в течение 4 час. Репортажные аппараты, использующие пружинный привод, рассчитываются на непрерывную работу в течение 15 мин., причем подзаводка пружинного привода должна быть возможна во время записи.

Желательно, чтобы в магнитофонах, использующих пружинный привод, имелась сигнализация об окончании завода. Магнитофоны должны работать от однофазной сети переменного тока с напряжением 127 или 220 в при частоте 50 гц. Репортажные магнитофоны, кроме пружинного привода, могут питаться, как и автомобильные магнитофоны, от аккумуляторов.

Выполнение всех выше приведенных эксплуатационных требований, а также допустимая величина искажения записываемого сигнала обуславливается целым рядом факторов (сложностью конструкции, ее весом, портативностью, удобством эксплуатации, надежностью работы, стоимостью и т. д.). Кроме того, магнитофоны применяются для самых разнообразных целей, например, для репортажа, для записи речи, где к качеству записи не предъявляется высоких требований, или для высококачественной записи музыкальных произведений. В зависимости от назначения выпускаются небольшие магнитофоны-приставки, работающие совместно с электропатефоном и радиоприемником, или первоклассная студийная аппаратура.

Рекомендовать читателю конструирование магнитофона какой-либо определенной группы затруднительно. Выбор должен зависеть от его квалификации, наличия специальных измерительных приборов, возможности изготовить механические детали лентопротяжного механизма с заданной степенью точности и от качественных показателей, предъявляемых к магнитофону.

Постройка магнитофона групп 76 и 38 под силу лишь высококвалифицированным радиолюбителям, располагающим необходимой радиоизмерительной аппаратурой (осциллографом, звуковым генератором и т. д.) и имеющим возможность изготовить лентопротяжный механизм с большой точностью. Аппаратура этих групп предназначена для высококачественной записи художественных программ; качество ее звучания может удовлетворить самого требовательного слушателя.

Большинству радиолюбителей можно рекомендовать изготовление аппаратуры группы 19 и применение ферромагнитной ленты типа 2. Магнитофоны этой группы по качественным показателям несколько уступают аппаратуре групп 76 и 38, однако они позволяют производить достаточно натуральное воспроизведение записи музыкальных и речевых произведений, превосходящее по качеству запись обычных грампластинок.

Следует отметить, что аппаратура группы 19 допускает

воспроизведение массовых магнитофильмов, записанных на скорости 190,5 мм/сек.

Радиолюбитель, изготовивший магнитофон группы 9, будет иметь вполне совершенный аппарат, позволяющий осуществить запись речи и музыкальных произведений, качество которых примерно равно качеству воспроизведения грам-пластинок.

Для речевых записей желательно применять скорость 47,6 мм/сек.

С освоением нашей промышленностью новых сортов звуконосителей радиолюбители смогут работать в диапазоне скоростей, лежащем ниже 95,3 мм/сек. Следует отметить, что при конструировании магнитофона желательно предусмотреть несколько скоростей движения звуконосителя. Например, в высококачественных аппаратах скорости 762 и 381 мм/сек; в массовых и радиолюбительских конструкциях скорости 190,5 и 95,3 мм/сек или 95,3 и 47,6 мм/сек, в зависимости от требований, предъявляемых к аппарату.

### Глава III

## КОНСТРУКЦИИ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ МАГНИТОФОНОВ

От конструкции и тщательности изготовления лентопротяжного механизма зависят не только удобство эксплуатации и надежность работы магнитофона, но и качество записи

Необходимо помнить, что плохое выполнение лентопротяжного механизма ведет к появлению ряда искажений, которые невозможно скомпенсировать усилительным устройством (эти искажения указаны в главе II).

В настоящей книге рассматриваются только лентопротяжные механизмы, использующие в качестве звуконосителя ферромагнитную ленту шириной 6,35 мм

### ОБЩАЯ КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ЛЕНТОПРОТЯЖНОГО МЕХАНИЗМА

В настоящем разделе рассматривается несколько основных кинематических схем лентопротяжных механизмов, по которым выполнен ряд промышленных и любительских конструкций.

Кинематические схемы приводятся в общем виде, без конструктивного выполнения отдельных узлов и органов управления (они будут описаны особо).

Прежде чем перейти к разбору отдельных кинематических схем, познакомимся с общей кинематической схемой и основными узлами любого лентопротяжного механизма (рис 23).

Бобышка или кассета с ферромагнитной лентой закрепляются на левом вращающемся подтарельнике (отличие бобышек от кассеты состоит в том, что бобышка не имеет боковых щечек). При рабочем ходе лента сматывается с левой (подающей) кассеты, поступает на стабилизирующий фильтр (иногда его заменяют направляющим роликом), магнитные головки, протягивается ведущей осью и прижимным роликом и поступает на правую приемную кассету. На рис. 23

приведены три головки. Стирающая головка *С* позволяет перед записью уничтожить «следы» прежней записи на звуконосителе. Однако наличие этой головки не обязательно, так как в некоторых конструкциях стирание производится специальным размагничивающим магнитом или электромагнитом, о котором упоминалось в главе I. Иногда вместо головок записи *З* и воспроизведения *В* применяют одну универ-

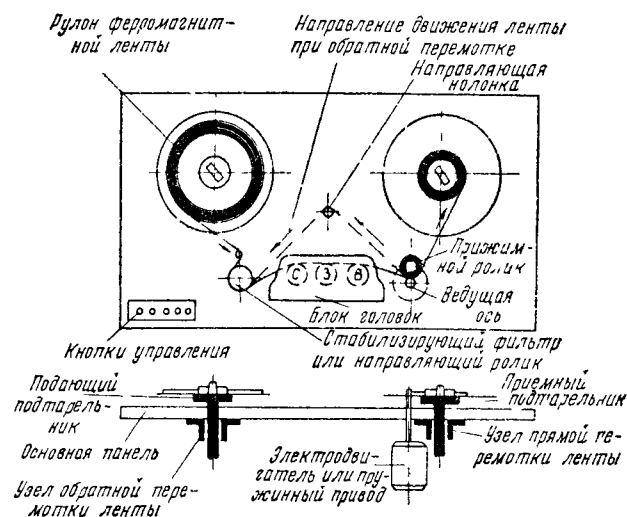


Рис. 23

сальную головку, которая служит как для записи, так и для воспроизведения.

Прижимной ролик притягивается к ведущей оси при помощи пружины или электромагнита.

Лента, протянутая ведущей осью и прижимным роликом, подматывается правой кассетой, укрепленной на вращающемся подтарельнике. Подтарельник должен вращаться с такой скоростью, чтобы при подмотке не образовывались петли: на участке ведущая ось — приемная кассета должно создаваться определенное постоянное натяжение, не меняющееся в зависимости от количества подмотанной ленты (это означает, что по мере подмотки ленты число оборотов правого подтарельника должно уменьшаться).

Ведущая ось приводится во вращение электродвигателем или пружинным приводом. Вращение правой (приемной) кассеты осуществляется от специального электродвигателя или же от ведущего двигателя при помощи ременной или фрикционной передачи. В последнем случае для того, чтобы

по мере подмотки ленты уменьшалось число оборотов правого подтарельника, применяют специальные муфты.

Лента должна плотно прилегать к головкам, не создавая петель, а протягивание должно осуществляться равномерно. Для этого необходимо создать некоторое натяжение ленты на участке между ведущей осью и подающей (левой) кассетой. Этого достигают путем притормаживания левой кассеты или самой ленты специальным устройством, о конструкции которого будет сказано ниже (в последнем случае подтарельник с кассетой вращается свободно).

Для стабильного протягивания сила натяжения ленты между левой кассетой и ведущей осью также должна быть постоянной, независимо от количества ленты на левой кассете.

Лентопротяжный механизм следует стремиться выполнить таким образом, чтобы сила натяжения ленты в правой ветви (участок ведущая ось — правая кассета) равнялась силе натяжения в левой ветви (участок ведущая ось — левая кассета). Необходимо, чтобы сила натяжения была постоянной (не превышала определенной величины) и не зависела от количества ленты на кассетах. Этим достигается равномерность нагрузки на ось ведущего двигателя, благодаря чему повышается стабильность движения звуконосителя. Если сила натяжения ленты в правой ветви будет меньше определенной величины или будет меняться, качество подмотки (в зависимости от диаметра рулона) ухудшится. Могут образоваться петли, рулон будет неровно и неплотно намотан и может «рассыпаться» (в случаях, когда он наматывается на бобышку) в момент снятия его с подтарельника. Если, наоборот, сила натяжения ленты в правой ветви будет слишком большой, то лента будет вытягиваться и рваться или же (в случаях, когда прижимной ролик недостаточно сильно прижат к ведущей оси) проскальзывать по отношению к ведущей оси. Последнее также может привести к изменению скорости движения звуконосителя.

В лентопротяжном механизме трудно практически обеспечить строгое постоянное натяжения звуконосителя в зависимости от соотношения его на кассетах (причины этого явления будут раскрыты в дальнейшем); поэтому в реальных конструкциях сила натяжения ленты меняется в два-три раза.

Чтобы перемотать ленту в первоначальное положение, необходимо вращать левую кассету в направлении, противоположном ее вращению при прямом ходе. При этом прижимной ролик отжимается от ведущей оси или же лента перематывается, минуя прижимной ролик.

Для уменьшения износа головок при обратной перемотке желательно отводить ленту от головок. Вращение левой кас-

сеты (как и правой) осуществляется специальным электродвигателем или ведущим двигателем при помощи шестеренчатой, ременной или фрикционной передачи.

При обратной перемотке также необходимо некоторое натяжение ленты, чтобы рулон был плотно намотан и при съеме не «рассыпался». Достигается это притормаживанием приемной (правой) кассеты. Натяжение ленты при перемотке, как и при рабочем ходе, также должно оставаться постоянным, иначе плотность намотки будет неодинаковой в конце и начале рулона.

Стабилизирующий фильтр выполняется в виде массивного маховика и служит для сглаживания неравномерностей скорости движения ферромагнитной ленты.

Головки помещают в экраны и в большинстве случаев закрывают в общий корпус — блок головок.

Управление лентопротяжным механизмом осуществляется кнопочным или каким-либо другим переключателем.

Для остановки ленты имеется тормозное устройство, которое при выключении механизма быстро тормозит ведущий двигатель и подтарельник, с которого сматывается лента. За счет натяжения ленты тормозится подтарельник, на котором расположена наматывающая кассета. Если остановка ленты происходит во время рабочего хода, то при включении тормозов отжимается прижимной ролик.

Кроме рассмотренных основных узлов лентопротяжного механизма, в некоторых конструкциях имеются дополнительные элементы, существенно облегчающие эксплуатацию магнитофона. К ним относятся счетчики количества ленты в кассетах, различные приспособления, позволяющие выключать лентопротяжный механизм при окончании ленты, — так называемые автостопы и т. д.

В конструкции магнитофона, приведенной на рис. 23, кассеты или бобышки с лентой расположены в одной горизонтальной плоскости. Однако существуют аппараты, в которых кассеты с лентой расположены в двух плоскостях (одна над другой). В профессиональных магнитофонах, а также в некоторых массовых и любительских конструкциях для записи используется вся ширина ферромагнитной ленты (однородная запись). Однако в последнее время, как правило, все массовые магнитофоны применяют двухдорожечную запись.

Общая кинематическая схема магнитофона с двухдорожечной записью остается такой же, как схема на рис. 23, но для записи и воспроизведения в этих случаях необходимы магнитные головки, имеющие примерно вдвое меньшую высоту сердечника.

В большинстве подобных конструкций используют одну универсальную головку. Переход с дорожки на дорожку осуществляется следующим образом. После того как ферро-

магнитная лента при воспроизведении, например, нижней дорожки перемоталась на приемную (правую) кассету, ее снимают с подтарельника, переворачивают кассету на 180° и кладут на подающий (левый) подтарельник. Затем ленту заправляют обычным способом. При этом дорожки меняются местами: нижняя находится сверху, а верхняя — внизу.

В других конструкциях используется реверсивный двигатель, позволяющий менять направление движения звуконосителя, и две универсальные головки, установленные на разной высоте. При изменении направления движения звуконосителя автоматически происходит переключение головок, а соответственно и воспроизведения или записи той или иной дорожки.

В некоторых лентопротяжных механизмах можно изменять скорость движения звуконосителя. Для получения нескольких скоростей движения звуконосителя в качестве ведущих используются многоскоростные электродвигатели или применяется односкоростной двигатель с дополнительным двух- (или более) скоростным редуктором.

В дальнейшем при подробном рассмотрении различных вариантов кинематических схем лентопротяжных механизмов следует иметь в виду, что большинство схем может быть использовано как для однорожечной, так и для двухдорожечной записи; кроме того, они могут иметь две или несколько скоростей движения звуконосителя.

В зависимости от числа используемых электродвигателей все лентопротяжные механизмы можно разделить на трехмоторные, двухмоторные и одномоторные конструкции.

Отдельно следует выделить лентопротяжные механизмы, использующие вместо электродвигателей пружинный привод.

В настоящее время наибольшее распространение получили одномоторные и трехмоторные конструкции. Двухмоторные конструкции в силу целого ряда недостатков (о них будет сказано ниже) практического распространения не имеют.

Прежде чем рассмотреть варианты кинематических схем, познакомимся с общими требованиями, предъявляемыми к отдельным узлам лентопротяжного механизма, и выясним причины неравномерности движения звуконосителя.

**Причины, вызывающие изменение скорости движения звуконосителя, и способы их устранения.** При конструировании отдельных узлов лентопротяжного механизма необходимо учитывать причины, вызывающие медленное и мгновенное изменение скорости движения звуконосителя.

Правила конструирования отдельных узлов лентопротяжного механизма и предъявляемые к ним требования будут рассмотрены ниже. А сейчас остановимся на основных причинах, вызывающих изменение скорости движения звуконосителя, и рассмотрим способы их устранения.

Постепенное возрастание или убывание скорости звуконосителя в процессе очередной записи или воспроизведения может быть вызвано следующими причинами:

— недостаточным запасом мощности ведущего двигателя. Как уже отмечалось, нагрузка на ведущую ось меняется в зависимости от соотношения длины звуконосителя на подающей и приемной кассетах. Если в установке используется асинхронный двигатель, то число его оборотов при этом также будет меняться;

— изменением напряжения питающей сети, приводящим к изменению числа оборотов асинхронного двигателя, а следовательно, и к изменению скорости движения звуконосителя;

— изменением частоты питающей сети, приводящим к изменению числа оборотов синхронных и асинхронных двигателей;

— медленным изменением числа оборотов асинхронного двигателя, наблюдающимся также при прогреве его ротора.

Медленное изменение скорости движения звуконосителя в течение длительной эксплуатации магнитофона обусловлено механическим износом ведущей оси, который происходит за счет шлифующего действия звуконосителя, и проскальзыванием (пробуксовкой) звуконосителя относительно ведущей оси и прижимного ролика вследствие недостаточного прижима ролика к ведущей оси.

Способы устранения указанных дефектов сводятся в основном к рациональному конструированию отдельных узлов лентопротяжного механизма и правильному выбору ведущего двигателя.

Рассмотрим причины быстрых колебаний скорости движения звуконосителя.

К ним относятся, во-первых, неравномерность протягивания звуконосителя, обусловленная работой узла протягивания ленты: эксцентриситетом (биением) ведущей оси и прижимного ролика; люфтом в подшипниках ведущей оси и прижимного ролика; плохой балансировкой ротора ведущего двигателя; выпадением синхронизированного двигателя из синхронизма при значительном понижении напряжения питающей сети; качанием ротора синхронного двигателя из-за переменной нагрузки на ведущую ось; качанием ротора синхронного двигателя или неравномерной нагрузкой на ось асинхронного двигателя (из-за неоднородности резины прижимного ролика); скольжением и биением в месте сшивки ременной передачи, если через нее передается вращение от двигателя на ведущую ось; плохим выполнением шестеренчатой или фрикционной передачи, если через нее осуществляется вращение ведущей оси; непостоянством толщины звуконосителя.

Во-вторых, — неравномерность протягивания звуконосителя, обусловленная местным растяжением звуконосителя за счет переменных усилий при движении ленты на участке подающая кассета — узел протягивания ленты. Местное растяжение звуконосителя возникает из-за эксцентриситета (биения) кассет или бобышек; эксцентриситета оси подающего подтарельника; скольжения и биения ременной передачи в месте сшивки, если передача к подтарельнику подающей кассеты осуществляется при помощи пассика; биения и плохой балансировки оси ротора двигателя обратной перемотки; плохого выполнения шестеренчатой или фрикционной передачи, если через нее передается вращение от двигателя к подающему подтарельнику; плохого сцепления звуконосителя с головками, направляющими роликами и стабилизирующим фильтром, если он применяется в лентопротяжном механизме, а также за счет эксцентриситета направляющих и стабилизирующих роликов.

Определим коэффициент детонации  $\frac{\Delta V}{V}$ , выраженный в процентах, если известна угловая скорость ведущей оси  $\omega$ , радиус ведущей оси  $r$  и величина эксцентриситета  $e$ .

Нетрудно видеть, что скорость движения звуконосителя  $V = r \cdot \omega$ , если ведущая ось имеет эксцентриситет  $e$ , будет изменяться от  $V_{\max} = (r+e) \omega$  до  $V_{\min} = (r-e) \omega$ ; тогда

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V} = \frac{2e}{r}.$$

Если вместо радиуса  $r$  ведущей оси ввести ее диаметр  $d$ , то

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{4e}{d}.$$

Подставляя вместо эксцентриситета  $e$  величину биения ведущей оси  $S = 2e$  (то есть то, что можно замерить индикатором), получим окончательное выражение для коэффициента детонации:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{2S}{d} 100\%.$$

Из этого выражения нетрудно видеть, что для того, чтобы быстрые колебания скорости движения звуконосителя, вызываемые узлом протягивания ленты, практически сводились к нулю, необходимо:

1. Изготовить узел протягивания ленты с очень высокой точностью. Например, для того, чтобы уменьшить люфты и биение ведущей оси, ее можно шлифовать непосредственно в подшипниках двигателя. Схему лентопротяжного механизма следует строить так, чтобы ведущая ось одновремен-



но являлась осью двигателя и т. д. Такой метод получения высокостабильного протягивания звуконосителя применяется в большинстве профессиональных магнитофонов.

2. Следует применять ведущие оси больших диаметров. В этом случае, как нетрудно видеть, точность обработки ведущей оси может быть существенно снижена.

Так как в лентопротяжных механизмах используются электродвигатели со скоростью вращения ведущего вала не менее 500—600 об/мин (при снижении скорости вращения чрезмерно растут габариты двигателя), то увеличение ведущей оси возможно лишь в случае применения дополнительного редуктора.

В таких конструкциях ведущая ось выполняется в виде самостоятельного узла. На ведущую ось насаживается маховик, который увеличивает равномерность ее вращения и одновременно может служить ведомым шкивом фрикционного редуктора. Вращение маховика осуществляется от оси ведущего двигателя через паразитный ролик. В таких конструкциях мощность ведущего двигателя может быть значительно снижена. Применение редуктора позволяет простыми средствами изменять скорость движения звуконосителя. По такому принципу в настоящее время выполняется большинство массовых конструкций.

Для увеличения равномерности движения звуконосителя можно применить стабилизирующий фильтр, который представляет собой ролик, сидящий на одной оси с маховиком. Соприкасаясь с лентой за счет массы маховика, ролик сглаживает быстрые колебания, возникающие при движении звуконосителя. Следует отметить, что стабилизирующий фильтр должен быть выполнен с большой точностью, иначе его эксцентриситет и люфт в подшипниках не только не уменьшит, но и дополнительно увеличит неравномерность движения звуконосителя.

Необходимо помнить, что применение стабилизирующего фильтра вообще целесообразно только в том случае, если узел протягивания ленты является источником высокочастотных колебаний (детонации второго рода). Если же возникают низкочастотные колебания скорости движения звуконосителя, то стабилизирующий фильтр не эффективен и его лучше заменить направляющим роликом.

Причины, обуславливающие ту или иную детонацию, в основном зависят от скорости вращения ведущей оси.

Если за счет точности выполнения узла протягивания ленты удастся значительно уменьшить быстрые колебания скорости звуконосителя, то другим источником таких колебаний остается местное растяжение звуконосителя за счет переменных усилий, возникающих в левой ветви на участке ведущая ось — подающая кассета.

Даже выполнение узла обратной перемотки с большой точностью не исключает полностью местного растяжения ленты, так как всегда существует биение за счет бобышек или кассет. Поэтому желательно, чтобы узел обратной перемотки не участвовал в работе при рабочем ходе ленты.

Для этого конструкцию высококачественного лентопротяжного механизма нужно выполнить таким образом, чтобы

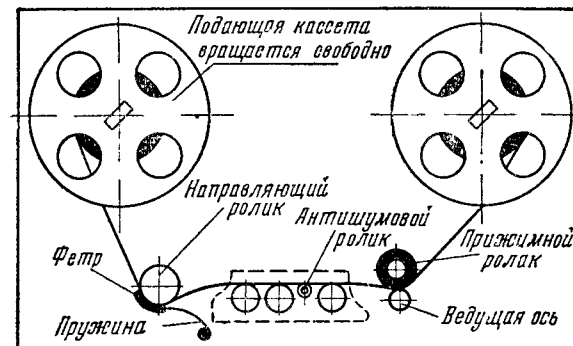


Рис. 24

при рабочем ходе подающий подтарельник вращался свободно, а натяжение ленты осуществлялось специальным притормаживающим устройством, расположенным между головками и подающей кассетой (на месте стабилизирующего фильтра) или между стабилизирующим фильтром и подающей кассетой.

В простейшем виде это устройство представляет собой кусок фетра, укрепленного на плоской пружине, прижимающей ленту к направляющему ролику (рис. 24). При остановке ленты фетр должен отжиматься от направляющего ролика.

Применение такого устройства позволяет стабилизировать силу натяжения звуконосителя слева от ведущей оси. Кроме того, для уменьшения детонаций возникающих от местного растяжения звуконосителя, необходимо расстояние между ведущей осью и головкой воспроизведения (или универсальной) делать как можно меньше.

Следует остановиться еще на одной специфической причине быстрых колебаний скорости движения звуконосителя, приводящей к искажениям звука, которые проявляются в виде модуляционных шумов. Это продольные колебания звуконосителя, возникающие на участке узел протягивания — стабилизирующий фильтр (или притормаживающее устройство).

Природу этих колебаний звуконосителя упрощенно можно

представить себе следующим образом. Так как ферромагнитная лента обладает определенной упругостью, ее можно сравнить с пружиной. Взглянув на рис. 24, нетрудно убедиться, что эта лента-пружина зажата в каждый отдельный момент между двумя опорами — узлом протягивания и стабилизирующим фильтром. Во время движения ленты за счет неравномерного соприкосновения с головками, направляющими роликами и т. п. то сжимается, то расширяется, — это приводит к собственным колебаниям ленты. Частота таких колебаний в большинстве случаев лежит в диапазоне 2000—4000 гц; она зависит от расстояния между стабилизирующим фильтром и ведущей осью и обычно прослушивается в виде хрипов. Известно, что для уменьшения подобных колебаний в колеблющуюся систему достаточно внести затухание. Практически это достигается тем, что между головками записи и воспроизведения ставится маленький шарикоподшипник (таким образом, чтобы лента соприкасалась с внешним кольцом подшипника). Указанный подшипник называется антишумовым роликом.

#### КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЛЕНТОПРЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

**Трехмоторные конструкции.** Кинематическая схема трехмоторного лентопряжного механизма показана на рис. 25.

В такой конструкции ведущий двигатель *А* осуществляет только протягивание ленты. Для обратной перемотки и подмотки ленты используют самостоятельные электродвигатели. При рабочем ходе ферромагнитная лента протягивается ведущей осью и прижимным роликом и подматывается правым электродвигателем *Б*. Чтобы создать постоянное натяжение в правой ветви, по мере подмотки ленты (с увеличением диаметра намотанного рулона) число оборотов правого двигателя должно уменьшаться. Поэтому для этой цели применяются обычно асинхронные или коллекторные двигатели.

Электродвигатель *Б* во время рабочего хода работает в заторможенном режиме, так как скорость его вращения ограничивается скоростью движения ленты.

Натяжение ленты в левой ветви при рабочем ходе осуществляется левым электродвигателем *В*. Для этого направление его вращения выбирается противоположным рабочему ходу звуконосителя. При рабочем ходе мощность левого электродвигателя понижается (обычно за счет уменьшения питающего напряжения). Поэтому он создает только необходимое торможение, не меняя в конечном итоге скорости и направления движения звуконосителя.

При обратной перемотке правый двигатель *Б* осуществляет торможение, а левый *В* — перемотку ленты. Прижимной ролик при этом отжат и лента отводится от головок. При ус-

коренной прямой перемотке ленты, минуя ведущую ось, протягивается правым двигателем, а натяжение ленты осуществляется левым.

Характерной особенностью рассмотренной кинематической схемы является то, что функции протягивания и перемотки ленты разделены между электродвигателями. При на-

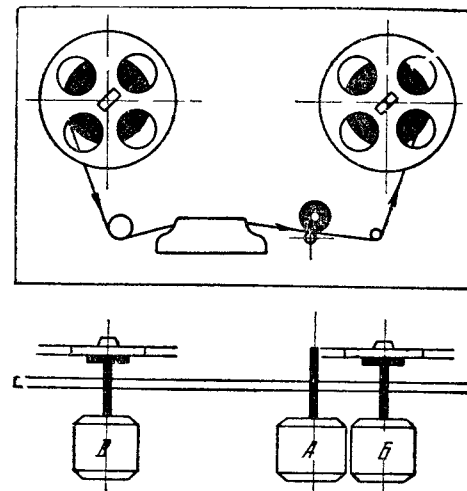


Рис. 25

личии специальных электродвигателей (о требованиях к ним будет сказано ниже) удастся получить наиболее высокостабильное протягивание звуконосителя. Подмотка и обратная перемотка ленты в этом случае весьма качественны. Отсутствие различных узлов передачи вращения упрощает конструкцию и делает ее более надежной. Поэтому такая схема находит применение главным образом в первоклассной профессиональной аппаратуре. Недостатком схемы является то, что требуется три электродвигателя, — это увеличивает габариты, вес конструкции и ее стоимость.

**Одномоторные конструкции.** Наибольшее распространение в массовых и радиолюбительских конструкциях получили одномоторные лентопряжные механизмы.

Рассмотрим кинематическую схему наиболее простого, но в то же время широко распространенного лентопряжного механизма магнитофона-приставки. Лентопряжный механизм магнитофона-приставки не имеет собственного электродвигателя и является приставкой к обычному патефону.

Протягивание ленты в таких конструкциях осуществляется электродвигателем патефона. Подобные конструкции про-

сты и легки: обычно они рассчитаны на использование двухдорожечной записи.

В магнитофонных приставках используют кассеты, вмещающие не более 100—150 м ленты (при большем количестве ленты мощность двигателя недостаточна для протягивания всего рулона). Поэтому время непрерывной записи при

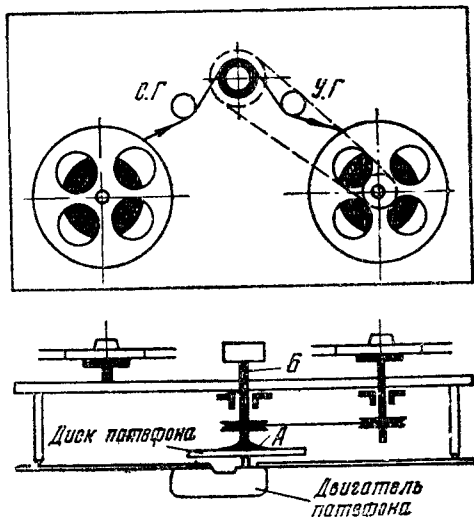


Рис. 26

скорости движения ленты 190,5 мм/сек не превышает 10 мин. (на одной дорожке).

Применение двухдорожечной записи позволяет не только экономить ленту, но и увеличивать время записи до 20—25 мин. Кинематическая схема одной из таких приставок с двухдорожечной записью показана на рис. 26.

Магнитофон-приставка устанавливается на лицевой панели патефона. При этом ось двигателя патефона при помощи муфты А соединяется с ведущей осью магнитофона-приставки Б, приводя ее во вращение.

Лента с подающей кассеты, лежащей на неподвижном подтарельнике, протягивается ведущей осью с резиновой насадкой и подматывается приемной кассетой.

Прижимной ролик в данной конструкции отсутствует, и движение ленты происходит за счет трения между лентой и резиновой поверхностью ведущей оси. Для более надежного соприкосновения ленты с ведущей осью лента должна огибать ее примерно на 2/3 окружности.

По мере подмотки ленты приемная (правая) кассета про-

скальзывает относительно подтарельника, так как ее сцепление с подтарельником осуществляется за счет трения.

Для увеличения трения на подтарельник обычно наклеивают сукно или фетр.

Вращение приемной кассете передается при помощи пассика от ведущей оси. Натяжение ленты осуществляется за счет трения между подающей кассетой и неподвижным подтарельником. После того как одна половина ленты полностью использована, приемную кассету переворачивают и кладут на место подающей; новая запись будет производиться на второй половине ленты.

Одновременно с записью происходит перемотка первой записанной дорожки. Таким образом, отсутствует необходимость в обратной перемотке, что значительно упрощает конструкцию.

Основными недостатками лентопротяжного механизма магнитофона-приставки являются: отсутствие режимов ускоренных перемоток звуконосителя в прямом и обратном направлениях, недостаточно стабильное протягивание ферромагнитной ленты, необходимое наличие патефона и т. д.

На рис. 27,а приведена кинематическая схема лентопротяжного механизма, имеющая собственный электродвигатель, которая, несмотря на простоту, обладает достаточно высокими качественными показателями.

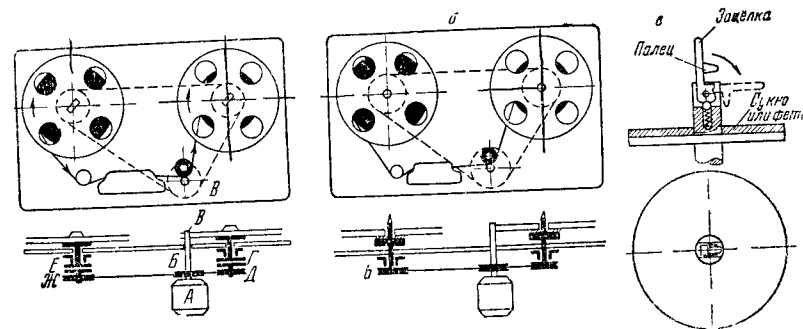


Рис. 27

Наряду с рабочим ходом и обратной перемоткой ленты здесь легко осуществляется ускоренная обратная и прямая перемотки. Стабильность движения ленты при качественном выполнении отдельных узлов лентопротяжного механизма приближается к стабильности движения ленты в трехмоторных конструкциях.

Непосредственно на оси двигателя А укреплены ведущая ось В и шкив пассика Б. На оси подтарельника приемной

кассеты укреплены муфта сцепления Г и шкив Д. На оси подтарельника подающей кассеты укрепляются также муфта сцепления Е и шкив Ж.

При включении двигателя пассивом приводятся во вращение все три шкива. При рабочем ходе лента, протянутая ведущей осью и прижимным роликом, подматывается приемной кассетой. Муфты Г и Е включены, но работают с пробуксовкой. Поэтому по мере подмотки ленты происходит проскальзывание оси приемного подтарельника по отношению к шкиву Д. Из-за пробуксовки муфты Е осуществляется натяжение ленты в левой ветви. При обратной перемотке муфта Е включается полностью и осуществляется жесткая связь шкива Ж с осью подтарельника. Натяжения ленты достигают благодаря пробуксовке (трению) муфты Г. Во время прямой перемотки прижимной ролик отжимается от ведущей оси и лента перематывается на приемную кассету. При этом полностью выключается муфта Г, а муфта Е работает с пробуксовкой, осуществляя тем самым натяжение ленты.

Конструкции таких муфт сцепления подробно будут рассмотрены ниже.

На рис. 27,б приведена кинематическая схема лентопротяжного механизма, работа которого аналогична работе конструкции, изображенной на рис. 27,а, но в ней отсутствуют муфты сцепления и узлы управления муфтами. Шкивы закреплены непосредственно на осях подтарельников. Отличие данной схемы от предыдущей состоит в особой конструкции подтарельников (рис. 27,в).

Подтарельник представляет собой штырь с диском, на который наклеивается фетр или сукно. В верхней части штыря имеется защелка; когда она поднята вверх, кассета при вращении подтарельника сцепляется с ним только за счет трения, возникающего между фетром и кассетой. Если защелку опустить вниз, то палец защелки, попадая в отверстие кассеты, жестко соединяет ее с подтарельником.

Таким образом, при рабочем ходе ленты защелки обоих подтарельников подняты вверх. Вращение правой кассеты осуществляется за счет трения, возникающего между кассетой и фетром подтарельника. По мере подмотки ленты правой кассетой происходит проскальзывание кассеты относительно подтарельника. Натяжение ленты в левой ветви осуществляется путем трения между левой кассетой и фетром подтарельника. При обратной перемотке защелка левого подтарельника опущена и жестко связывает с ним кассету. Натяжение ленты осуществляется за счет трения между фетром и правой кассетой. При прямой ускоренной перемотке защелка правого подтарельника опущена, а левого —

поднята. Эта простая конструкция допускает при наличии одного двигателя высококачественное протягивание ленты.

Недостаток конструкции заключается в следующем. При прямой или обратной перемотке, когда необходимо сцепить с подтарельником ту или иную кассету, для того чтобы защелка попала в отверстие в кассете, ее иногда приходится несколько повернуть, что исключает использование клавишного управления магнитофоном.

Такая кинематическая схема лентопротяжного механизма находит применение в основном в любительских магнитофонах.

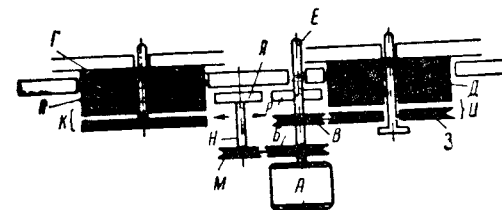
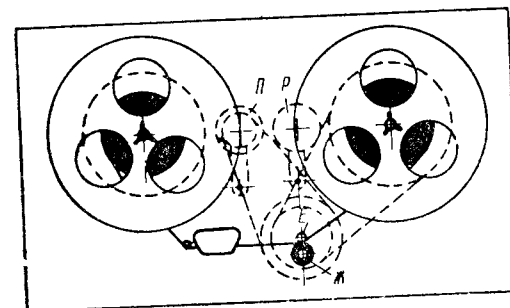


Рис. 28

Общим недостатком приведенных конструкций (рис. 27) является то, что значительная часть мощности ведущего двигателя теряется в муфтах сцепления, поэтому в таких лентопротяжных механизмах ведущий двигатель должен иметь достаточный запас мощности. Кроме того, в силу специфической заправки ферромагнитной ленты на приемную кассету в таких конструкциях в основном возможна односторонняя запись.

В случае применения двухдорожечной записи переход на вторую дорожку возможен лишь при перемотке звуконосителя на левую кассету и в том случае, когда есть приспособления, позволяющие изменять высоту сердечника магнитных головок, или же при наличии двойного комплекта магнитных головок, установленных на разной высоте.

На рис. 28 приведена еще одна кинематическая схема лентопротяжного механизма, лишенная недостатков, присущих предыдущим схемам.

На валу ведущего двигателя *A* укреплены ведущая ось *E*, два шкива *B* и *B*. Кассета с лентой устанавливается на вращающемся подающем подтарельнике *Г*, а пустая кассета — на подматывающем подтарельнике *Д*. При записи или воспроизведении лента с кассеты, расположенной на подающем подтарельнике, поступает на магнитные головки, протягивается ведущей осью *E* и прижимным роликом и подматывается правой кассетой.

Вращение правой кассеты осуществляется пассиком и шкивами *B* и *З*. Натяжение ленты на участке ведущая ось — подматывающая кассета поддерживается постоянным благодаря тому, что муфта *И* обеспечивает проскальзывание правой кассеты по мере намотки на нее ленты. Натяжение ленты на участке подающая кассета — ведущая ось достигается вследствие проскальзывания муфты *К*, конструктивно объединенной со шкивом *Л*, который укреплен на оси подающего подтарельника.

При ускоренной перемотке ленты вращение от оси ведущего двигателя при помощи пассика и шкивов *B* и *М* передается на ось *Н*, на которой укреплен обрезиненный шкив *П*. В зависимости от направления движения ленты вращение от шкива *П* передается либо непосредственно шкиву *Л*, в случае обратной перемотки, либо через обрезиненный шкив *Р* шкиву *Д*, конструктивно объединенному с приемным подтарельником, при ускоренной прямой перемотке. При движении ленты в прямом направлении ее натяжение осуществляется проскальзыванием муфты, укрепленной на оси подающего подтарельника. При движении ленты в обратном направлении ее натяжение осуществляется проскальзыванием муфты, укрепленной на оси подматывающего подтарельника.

Данная конструкция позволяет осуществить как однодорожечную, так и двухдорожечную запись. При двухдорожечной записи переход с дорожки на дорожку осуществляется так же, как в магнитофоне-приставке.

Основным недостатком данной конструкции является ее сложность.

Существуют конструкции лентопротяжных механизмов, специально предназначенных для двухдорожечной записи. Одна из возможных кинематических схем такого лентопротяжного механизма приведена на рис. 29.

В этой конструкции используется двигатель, направление вращения оси которого можно менять электрическим путем. Кроме того, этот лентопротяжный механизм работает с двумя комплектами магнитных головок, расположенными на разной высоте.

Как видно из рис. 29, схема лентопротяжного механизма симметрична относительно ведущей оси. Передача вращения на подтарельники *A* и *Б* осуществляется при помощи пассиков и системы шкивов. Рассмотрим подробнее передачу движения, например подтарельнику *Б*. Усилие от ведущего двигателя через шкив *Д* и пассик передается шкиву *Е*. На одной оси ее шкивом *Е* укреплен шкив *Ж*. Усилие от шкива *Ж*

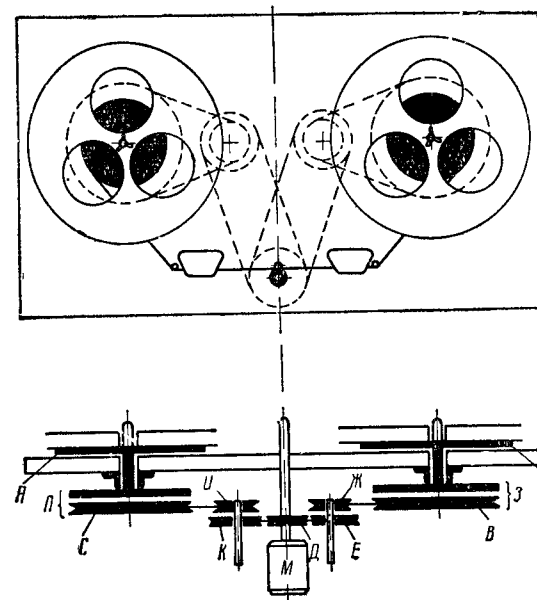


Рис. 29

через пассик передается шкиву *В*. Узел, состоящий из шкивов *Е* и *Ж*, выполнен таким образом, что усилие передается шкиву *В* только в том случае, если двигатель вращается против часовой стрелки. При изменении направления вращения ведущего двигателя сцепление шкива *Ж* и *Е* прекращается и усилие на шкив *В* не передается. Подробная конструкция такого узла будет рассмотрена ниже.

Усилие с шкива *В* передается на подтарельник *Б* при помощи электромагнитной муфты *З*.

При режиме записи или воспроизведения, например, нижней дорожки, вращение ведущего двигателя происходит против часовой стрелки. Лента сматывается с кассеты, установленной на подтарельнике *A*, протягивается ведущей осью и прижимным роликом и подматывается кассетой, расположенной на подтарельнике *Б*. По мере намотки ленты на правую кассету происходит проскальзывание подтарельника относи-

тельно шкива *В*. Усилие на левый подтарельник в этом режиме не передается благодаря системе шкивов *И* и *К*.

Натяжение ленты на участке левая кассета — ведущая ось осуществляется проскальзыванием подтарельника *А* относительно шкива *Г*.

При переходе на верхнюю дорожку достаточно изменить направление вращения электродвигателя и переключить магнитные головки. При этом усилие передается левому подтарельнику, который в данном случае является подматывающим.

При наличии системы шкивов *Ж* и *Е* передача усилия шкиву *В* в этом режиме не происходит. В остальном взаимодействие отдельных элементов лентопротяжного механизма остается таким же, как при воспроизведении или записи нижней дорожки.

Лентопротяжный механизм, выполненный по кинематической схеме (рис. 29), допускает ускоренную перемотку звуконосителя в обоих направлениях. В указанных режимах в зависимости от направления перемотки жесткая связь подтарельника *А* и *Б* со шкивом *В* или *Г* осуществляется при помощи электромагнитных муфт *З* или *Л*. Натяжение ленты при ускоренных перемотках происходит за счет проскальзывания подтарельника и шкива, у которого в данном режиме выключена электромагнитная муфта.

Основное преимущество данной конструкции состоит в удобстве ее эксплуатации. Недостатком кинематической схемы, показанной на рис. 29, является ее сложность.

В последнее время в большинстве лентопротяжных механизмов используются ведущие оси больших диаметров с применением маховиков с большой массой и высокооборотных маломощных электродвигателей. Одним из дисков фрикционного редуктора в таких конструкциях, как правило, является маховик, укрепленный на ведущей оси, а другим — ось электродвигателя, связанная с маховиком непосредственно или через промежуточные ролики.

На рис. 30 приведена одна из возможных кинематических схем лентопротяжного механизма, в котором используется данный принцип.

На ведущей оси *А* укреплен обремененный маховик *Б*. Вращение от оси электродвигателя *В* передается непосредственно маховику *Б*. Приемный и подающий подтарельники укреплены на рычаге *К*, который может поворачиваться вокруг оси *Л*.

При записи или воспроизведении лента с кассеты, установленной на подающем подтарельнике, конструктивно объединенном со шкивом *Г*, протягивается ведущей осью, прижимным роликом и подматывается кассетой, установленной на подматывающем подтарельнике *Д*.

Вращение подматывающего подтарельника осуществляется за счет передачи усилия от маховика *Б* через паразитный обремененный ролик *Е* шкиву *Ж* и муфте *З*.

По мере подмотки ленты приемной кассетой происходит проскальзывание подтарельника *Д* относительно шкива *Ж*.

Натяжение ленты на участке подающая кассета — ведущая ось достигается притормаживанием шкива *Г* тормозом *И*.

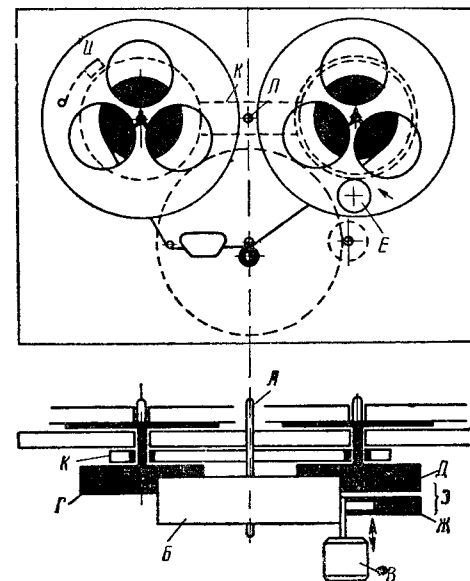


Рис 30

При ускоренной перемотке вперед ролик *Е* заклинивается между маховиком *Б* и шкивом *Д*. Вращение от маховика *Б* передается шкиву *Д*, конструктивно объединенному с приемным подтарельником.

Натяжение ленты при перемотке также достигается притормаживанием подающего подтарельника тормозом *И*.

При ускоренной перемотке ленты в обратном направлении рычаг *К* поворачивается против часовой стрелки. Шкив *Г*, жестко связанный с левым подтарельником, прижимается к маховику *Б*, чем и осуществляется ускоренная перемотка ленты на левую кассету.

Нами рассмотрены некоторые из существующих кинематических схем одномоторных лентопротяжных механизмов. Их особенностью является то, что кассеты расположены в одной плоскости. Для уменьшения габаритов магнитофонов

раньше использовали лентопротяжные механизмы с кассетами, расположенными в двух плоскостях. Одним из существенных недостатков лентопротяжных механизмов с таким расположением кассет является сложность заправки ленты на нижнюю кассету, поэтому такие конструкции выходят из употребления. К тому же с уменьшением скорости движения звуконосителя для обеспечения того же времени звучания достаточно применять кассеты с меньшей емкостью, при этом габариты магнитофона соответственно уменьшаются.

Часто бывает необходимо иметь универсальный аппарат, позволяющий осуществить перепись на ферромагнитную ленту грампластинок. Для этого можно использовать магнитофонную приставку; однако мощность синхронных патефонных электродвигателей недостаточна, поэтому используются специальные универсальные магнитофоны-патефоны.

Такая конструкция представляет собой обычный лентопротяжный механизм, на основной панели которого укрепляются дополнительно патефонный диск и звукоусилитель. Вращение патефонного диска может осуществляться как от отдельного двигателя, так и от ведущего двигателя магнитофона.

Остановимся кратко на конструкциях лентопротяжных механизмов с пружинным приводом. Кинематические схемы таких механизмов могут быть очень разнообразны. В большинстве случаев они повторяют кинематические схемы лентопротяжных механизмов с одним электродвигателем. Отличие состоит в том, что вместо электродвигателя применен пружинный привод.

Так как завод пружинного привода ограничен и рассчитан примерно на 5 мин., желательно предусмотреть в таком лентопротяжном механизме систему, сигнализирующую об окончании завода. Это позволит, не прерывая записи, подзавести пружину. Для постоянства скорости движения звуконосителя необходимо предусмотреть стабилизирующие фильтры. Равномерность вращения ведущей оси обычно достигается применением центробежного регулятора оборотов. Характерной особенностью механизмов с пружинным приводом является то, что для передачи вращения ведущей оси и осям подтарельников очень часто применяют шестеренчатые передачи, позволяющие уменьшить габариты конструкции.

Так как время завода пружинного привода ограничено, скорость движения звуконосителя обычно выбирается низкой (47,6 и 95,3 мм/сек). Это ограничивает область применения магнитофонов с пружинным приводом (только для речевых передач).

В зависимости от назначения магнитофона лентопротяжные механизмы выполняют в виде переносных и стационарных конструкций. Переносные конструкции, как правило,

имеют вид чемоданов. Это легкие одномоторные механизмы. Стационарные конструкции могут быть выполнены на одном, двух и трех двигателях.

Какая же из кинематических схем лучше и какую из них следует выбрать при конструировании лентопротяжного механизма?

Все эти конструкции имеют свои недостатки и преимущества. Выбор схемы зависит также от того, сколько электродвигателей имеет в своем распоряжении радиолюбитель, каковы его возможности для изготовления (подчас с большой степенью точности) отдельных узлов лентопротяжного механизма и т. д.

Укажем достоинства и недостатки, присущие одномоторным и трехмоторным лентопротяжным механизмам.

Одномоторные конструкции обладают существенным преимуществом. В них используется один электродвигатель, поэтому подобные лентопротяжные механизмы имеют незначительный вес и габариты. Недостатком таких конструкций следует считать сложность выполнения узлов передачи вращения к ведущей оси и кассетам, а также систем изменения направления вращения, узлов управления лентопротяжным механизмом и т. д.

Передача вращения осям осуществляется пружинными, резиновыми, ременными пассивками, фрикционными и реже шестеренчатыми передачами.

Для управления узлами передачи вращения в зависимости от режима работы используют обычно систему рычагов, тросиков и т. п.

Надежная работа лентопротяжного механизма требует весьма тщательного выполнения этих узлов. Иногда оказывается, что стоимость их изготовления превышает стоимость электродвигателей. В процессе эксплуатации магнитофона узлы передачи вращения изнашиваются, это может влиять на качество записи.

В одномоторных конструкциях качество подмотки и обратной перемотки ленты хуже, чем в трехмоторных (имеется в виду плотность намотки рулона), так как подмотка осуществляется путем проскальзывания пассивков, муфт или кассет.

Часто в этих конструкциях бывает сложно осуществить ускоренную перемотку ленты вперед и ее быструю остановку (торможение).

Применение одного электродвигателя для протягивания ленты и подмотки ограничивает в большинстве случаев количество размещаемой на кассете ленты до 500 м.

Основным недостатком трехмоторных конструкций является их большой вес и габариты. Однако тот факт, что функции протягивания, подмотки и обратной перемотки

ленты разделены между электродвигателями, позволяет получить (при наличии специальных двигателей) высококачественное протягивание ленты.

Отсутствие различных узлов передач вращения, муфт, рычагов управления упрощает конструкцию и делает ее более надежной. В трехмоторных механизмах протягивание, подмотка и обратная перемотка ленты получаются весьма качественными. В таких конструкциях просто осуществляются ускоренная прямая и обратная перемотки ленты, а также ее быстрая остановка — торможение.

Поэтому в случаях, когда имеются три электродвигателя и конструктора не ограничивают вес и габариты, следует предпочесть трехмоторные конструкции.

Двухмоторные конструкции в настоящее время почти не применяются, так как в них наряду с использованием двух двигателей приходится делать еще систему передачи вращения. В результате конструкция получается почти такой же сложной, как и одномоторная, а по качеству уступает трехмоторному магнитофону.

### ДВИГАТЕЛИ ЛЕНТОПРОТЯЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Равномерное протягивание звуконосителя, качество подмотки и перемотки ленты в значительной степени определяются рабочими показателями электродвигателей, применяемых в лентопротяжном механизме.

Двигатели лентопротяжных механизмов в зависимости от кинематической схемы могут выполнять различные функции, поэтому к ним предъявляются различные требования.

К ведущим двигателям трехмоторных и одномоторных конструкций предъявляются одинаковые требования. Боковые же двигатели для высококачественных лентопротяжных механизмов должны обладать особыми, отличающимися от ведущих двигателей характеристиками.

Одной из основных характеристик, определяющих возможность применения двигателя для лентопротяжного механизма, является его механическая характеристика, то есть зависимость

$$n = f(M),$$

где  $n$  — скорость вращения двигателя;

$M$  — момент на валу.

В различных типах двигателей в зависимости от момента нагрузки по-разному меняется скорость вращения; она характеризуется так называемой степенью жесткости механической характеристики, которая показывает, насколько изменяется скорость при изменении момента нагрузки на 1 г/см.

По степени жесткости характеристики все двигатели можно разбить на следующие основные группы: двигатели с абсолютно жесткой характеристикой; двигатели с жесткой характеристикой; двигатели с мягкой характеристикой.

Примерный ход механических характеристик двигателей каждой группы показан на рис. 31.

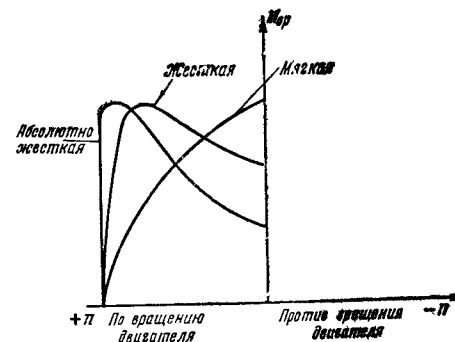


Рис. 31

Абсолютной жесткой механической характеристикой обладают двигатели, у которых с изменением нагрузочного момента совершенно не меняется скорость вращения. Такую характеристику имеют обычные синхронные двигатели. Жесткой характеристикой обладают двигатели, у которых при большом увеличении нагрузочного момента незначительно снижается скорость вращения. Как правило, это асинхронные двигатели, ротор которых выполнен в виде «беличьей клетки» с малым омическим сопротивлением. Мягкую характеристику имеют двигатели, у которых при небольшом увеличении нагрузочного момента резко падет скорость. Это, как правило, асинхронные двигатели с «беличьей клеткой» большого омического сопротивления или со сплошным ротором, выточенным из чугуна или стали.

Ведущие и боковые двигатели, применяемые в лентопротяжных механизмах магнитофонов, должны отвечать следующим требованиям:

- иметь питание от однофазной сети переменного тока с частотой 50 гц;
- обладать самозапуском;
- не нагреваться более  $+80^{\circ}\text{C}$  по отношению к окружающей среде;
- работать без шума и вибраций;
- обладать как можно меньшими магнитными полями рассеяния.



Кроме того, к ведущим и боковым двигателям предъявляется еще ряд характерных требований, зависящих от специфики их работы.

**Выбор ведущего двигателя.** Для равномерного протягивания звуконосителя ведущий двигатель должен обладать абсолютно жесткой или жесткой механической характеристикой. Необходимо, чтобы число его оборотов было строго неизменным и не зависело от нагрузки на валу и колебаний напряжения питания.

Этим требованиям наиболее полно отвечает синхронный двигатель, у которого стабильность скорости вращения зависит только от частоты питающей сети (то есть он имеет абсолютно жесткую механическую характеристику).

Так как пусковой момент синхронного двигателя равен нулю, для лентопротяжных механизмов применяют синхронные двигатели с асинхронным пуском — синхронизированные двигатели.

Изменение частоты питающей сети обычно не превышает 1—2 гц в течение длительного времени, поэтому скорость вращения синхронизированного двигателя можно считать практически постоянной. Казалось бы, что такой двигатель является идеальным для лентопротяжного механизма при использовании его в качестве ведущего двигателя. Однако у такого двигателя наблюдается эффект качания ротора, выражающийся в том, что при колебании нагрузки происходит периодическое замедление вращения ротора с последующим ускорением. Это явление ощущается и при малых и при номинальных нагрузках. Чтобы несколько снизить явление качания, нужно увеличить массу ротора; для этого на вал двигателя насаживают маховик.

В профессиональной аппаратуре обычно применяются синхронно-реактивные или синхронно-гистерезисные двигатели. Характерной особенностью синхронно-реактивного двигателя является то, что его ротор имеет синхронизирующие пазы, число которых равно числу полюсов обмотки статора. Ротор гистерезисного двигателя представляет собой цилиндр из специальной магнитной стали с высоким значением остаточной индукции. Вращающееся магнитное поле, образованное статором, намагничивает ротор, выполненный из такой стали, поэтому на нем образуются полюса, обеспечивающие синхронный вращающий момент.

Преимуществом гистерезисного двигателя является то, что он может иметь две и более синхронные скорости вращения, в зависимости от переключения числа полюсов ротора.

Во многих конструкциях в качестве ведущего двигателя применяют асинхронные конденсаторные двигатели, имеющие также жесткую механическую характеристику. Несмотря на то, что скорость их вращения незначительно меняется

от изменения нагрузки и частоты питающей сети, эти двигатели приближаются по своим свойствам к синхронизированным. Преимуществом асинхронного двигателя перед синхронизированными является то, что асинхронные двигатели имеют большой пусковой момент. Кроме того, КПД у синхронизированных двигателей значительно меньше, чем у асинхронных, поэтому при одних и тех же габаритах мощность синхронизированного двигателя примерно в два раза меньше.

При конструировании лентопротяжного механизма часто возникает вопрос не только о выборе ведущего двигателя, но и о его мощности и числе оборотов. Вопрос о выборе скорости вращения и мощности двигателя неразрывно связан с кинематической схемой лентопротяжного механизма. В том случае, если ось двигателя является непосредственно ведущей осью, то с уменьшением скорости звуконосителя при заданном числе оборотов уменьшается диаметр ведущей оси.

Например, при 1500 об/мин диаметр ведущей оси для скорости 762 мм/сек должен быть равен 9,7 мм, а при скорости 190,5 мм/сек он составляет всего 2,5 мм.

Осуществить протягивание ферромагнитной ленты ведущей осью диаметром 2,5 мм без проскальзывания крайне трудно; кроме того, ось может прогнуться и т. д.

Другим фактором, который необходимо учитывать при выборе скорости вращения двигателя, является получение минимальной детонации.

Применение высокоскоростного двигателя (более 750 об/мин) обуславливает детонацию второго рода, менее ощутимую на слух. Но при этом следует иметь в виду, что с уменьшением диаметра ведущей оси снижается точность ее выполнения. Кроме того, при заданной точности выполнения ведущей оси с уменьшением ее диаметра возрастает коэффициент детонации.

Конструкция лентопротяжного механизма может усложниться за счет применения стабилизирующих фильтров. В двигателях с малым числом оборотов, наоборот, создается детонация первого рода. Однако в таких конструкциях можно выполнить ведущую ось более точно.

При увеличении диаметра ведущей оси, при заданной точности ее изготовления коэффициент детонации, как было показано выше, уменьшается.

Подобные конструкции, как правило, не требуют стабилизирующего фильтра при условии, что подшипники двигателя будут выполнены с максимальной точностью. Слишком низкую скорость двигателя не желательно выбирать потому, что увеличиваются габариты двигателя.

Таким образом, как мы видим, выбор числа оборотов двигателя должен решаться компромиссным путем.

Как правило, в лентопротяжных механизмах при скоростях движения звуконосителя 762 и 381 мм/сек для протягивания ферромагнитной ленты используются электродвигатели, имеющие скорость вращения 750 и 1500 об/мин. В лентопротяжных механизмах со скоростью движения ферромагнитной ленты 190,5 мм/сек и ниже применяются двигатели с числом оборотов не более 750 об/мин.

В лентопротяжных механизмах, в которых вращение ведущей оси осуществляется через редуктор, используются ведущие двигатели, имеющие от 1500 до 3000 об/мин.

Мощность ведущего двигателя в значительной степени зависит от кинематической схемы лентопротяжного механизма, а также от качества выполнения и регулировки самой конструкции. Можно считать, что в магнитофонах, в которых ведущая ось является осью двигателя и не применяются массивные маховики (например, в трехмоторных лентопротяжных механизмах) для стабильного протягивания 1000 м ферромагнитной ленты мощность на оси ведущего двигателя должна быть не менее 10—15 вт при скорости движения ленты 762 и 381 мм/сек.

Для протягивания 500 м ленты со скоростью 381 и 190,5 мм/сек достаточно иметь на оси двигателя мощность 4—6 вт. В очень хорошо отрегулированных лентопротяжных механизмах для протягивания 500 м ленты можно даже ограничиться мощностью порядка 2—3 вт.

Для качественного протягивания 250 м ферромагнитной ленты в одномоторных конструкциях необходимая мощность на оси ведущего двигателя должна составлять примерно 10 вт. Так как коэффициент полезного действия маломощных двигателей невелик, мощность ведущих двигателей, потребляемая от сети, составляет соответственно 25—100 вт.

В лентопротяжных механизмах с применением редукторов и маховиков с большой массой мощность двигателя может быть существенно снижена. Так, например, в одномоторном лентопротяжном механизме с применением на ведущей оси маховика весом 2,5 ÷ 3 кг для стабильного протягивания 250 м ферромагнитной ленты достаточно иметь на оси двигателя мощность порядка 3 ÷ 5 вт. Соответственно потребляемая мощность при этом составляет 20 ÷ 25 вт.

В качестве ведущего двигателя лентопротяжного механизма более всего подходят освоенные нашей промышленностью двигатели типа ДВС-У1, ДВА-У1, ДВА-У2, ДВА-У3, ДВА-У4.

Основные данные и технические показатели этих электродвигателей приведены в табл. 2.

Все эти двигатели по своему устройству являются конденсаторными реверсивными двигателями с питанием от сети однофазного тока частотой 50 гц; двигатели рассчитаны

Таблица 2

Тип двигателя	Напряжение питания в	Мощность на валу, вт	Скорость вращения, об/мин	Потребляемый ток, а	Пусковой момент, гсм	Необходимая величина конденсатора, мкф	Потребляемая мощность, вт	Необходимая величина сопротивления, ом	Вес, кг
ДВС-У10/5 4	220	15	1500	0,44	Выше 800	2,5	78	500	6,6
ДВД-1	220	20/10	1500/700	—	—	—	—	—	7
ДВС У1	220/110*	15	1500	0,44 0,88 0,43	Выше 800	2,5	78	500	4,2
ДВА У1	220/110	30	1440	0,86 0,17	Выше 1000	2,5	85	500	4,2
ДВА-У2	220/110*	7	710	0,34 0,43	Выше 700	1,25	32	500	4,2
ДВА У3	220/110*	30	1430	0,86 0,2	Не менее 200	2,5	90	500	4,2
ДВА-У4	220/110*	6	610	0,4 0,12 0,14	Не менее 1100	1,25	37	500	4,2
ДАГ-1 по схеме станд.	220/127	2	1200	0,21	Выше 70	3	14	—	1,4
ДАГ-1 по схеме конденсатор двигателя	120/60	5	2500	0,32 0,22	Выше 150	3	23	—	1,4
ДАМ-1	220 110	—	1430	0,45	—	—	50	—	—
ДО-50	110	15	1425	0,45	—	—	50	—	7
Двигатель с внешним ротором	160	5	592	0,16	160	1,75	23	—	—
АД-2 от «Яузы»	127	—	1480	—	—	2,5	25	250	—

\* Двигатели ДВС-У1, ДВА-У1, ДВА-У2, ДВА-У3, ДВА-У4, имеющиеся в продаже, питаются только от напряжения 220 в.

на длительный режим работы. Они имеют подшипники скольжения и допускают вертикальную и горизонтальную установку.

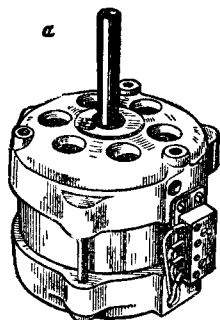


Рис 32 а

Марки двигателя расшифровываются следующим образом: первая буква (Д) обозначает двигатель, вторая (В) — назначение двигателя — ведущий, третья (А) — тип двигателя — асинхронный (С — синхронный). Буква У означает, что двигатель унифицированный. Например, двигатель ДВС У1 расшифровывается так: двигатель ведущий синхронный, унифицированный, первого типа.

Все двигатели этих типов выполнены в одних габаритах и имеют одинаковые установочные размеры. Общий вид, схема включения и габаритно-установочные размеры двигателей типа ДВС У1, ДВА-У1, ДВА-У2, ДВА-У3, ДВА-У4 приведены на рис 32 а (кроме двигателей, размеры которых указаны на рис 32 б, часто встречаются двигатели с вылетом оси 35 мм и диаметром 10 мм, а также и другие). Высота  $H$  равна 132 мм.

Обмотки статора двигателя (рис 32 в) выведены на четырехконтактную панель. На контакты 1—2 подключается основная обмотка, а на контакты 3—4 — вспомогательная. Основная обмотка включается в сеть переменного напряжения непосредственно, а вспомогательная — через сопротивление  $R$  и конденсатор  $C$ . Величина емкости конденсатора и сопротивления зависит от типа двигателей (см табл 2).

В качестве ведущего двигателя в профессиональных

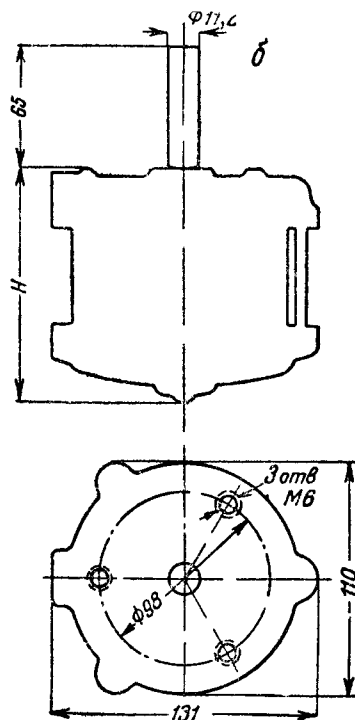


Рис. 32 б

магнитофонах используются двигатели ДВС-010/5-4 и ДВД-1.

Двигатель ДВС-010/5-4 синхронно реактивный, по электрическим параметрам полностью соответствует двигателю ДВС-У1, отличие состоит лишь во внешнем корпусе, объединяющем в себе не только непосредственно двигатель, но и систему ленточного тормоза. Двигатель ДВД-1 является синхронно-гистерезисным конденсаторным двигателем с двумя обмотками, переключение которых позволяет изменять скорость его вращения. Существенным недостатком этого двигателя, ограничивающим его применение, является медленное качание ротора с частотой 1—2 гц.

В массовых магнитофонах с низкими скоростями движения ленты часто для уменьшения габаритов и увеличения равномерности вращения ведущей оси применяются двигатели с внешним ротором. Конструкция одного из таких двигателей приведена на рис 33.

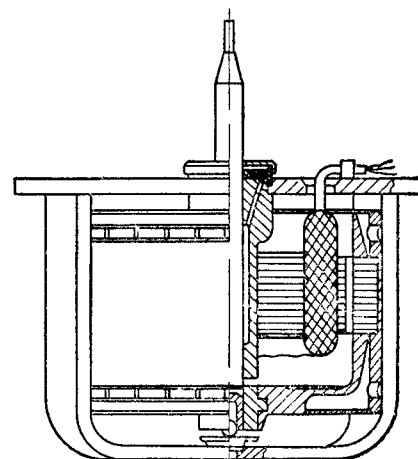


Рис 33

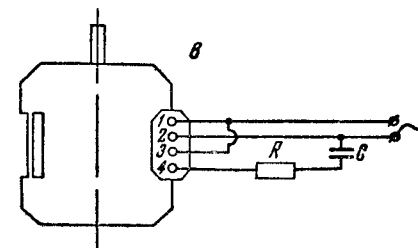


Рис 32 в

В такой конструкции обмотка расположена на невращающемся статоре, заключенном внутри вращающегося ротора. Ротор выполняет в виде «беличьей клетки» с малым омическим сопротивлением. В таком двигателе ротор не только осуществляет свои основные функции, но и служит дополнительным маховиком. Основные электрические показатели одного из подобных двигателей, которые могут быть использованы в магнитофонах, приведены в табл 2.

В массовых магнитофонах, в которых передача вращения к ведущей оси осуществляется через редуктор и используются маховики с большой массой, в качестве ведущего могут применяться асинхронные двигатели от электропатефонов и радиол.

Из асинхронных двигателей наибольшее распространение получили дешевые асинхронные двигатели с короткозамкнутым витком на полюсе. Они, как правило, имеют довольно жесткую механическую характеристику. Мощность этих двигателей в отличие от конденсаторных ниже на 30—40%; степень жесткости механической характеристики у них также меньше на 10—20%.

Примером асинхронного двигателя с короткозамкнутым витком на полюсе является широко известный двигатель ДАГ-1. Достаточно жесткая механическая характеристика и возможность путем несложных переключений повысить мощность на его валу примерно вдвое указывают на то, что этот двигатель может быть использован в качестве ведущего. Ос-

валу падает. Для согласования достаточно поменять местами наружные выводные концы 1—2<sup>1</sup> или 3<sup>1</sup>—4.

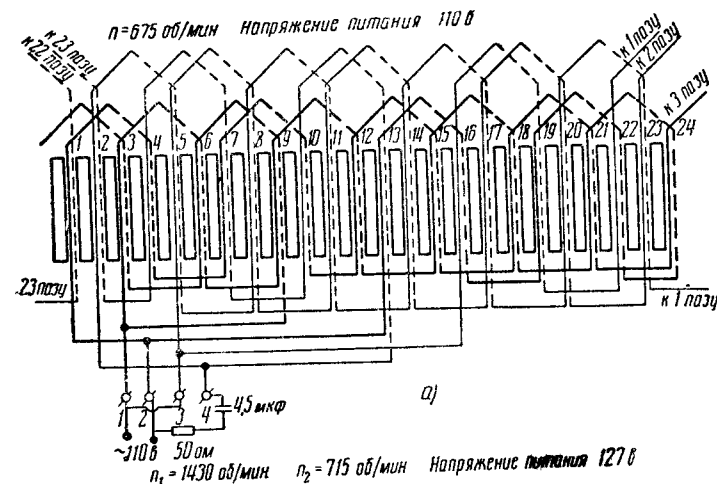


Рис 35 а

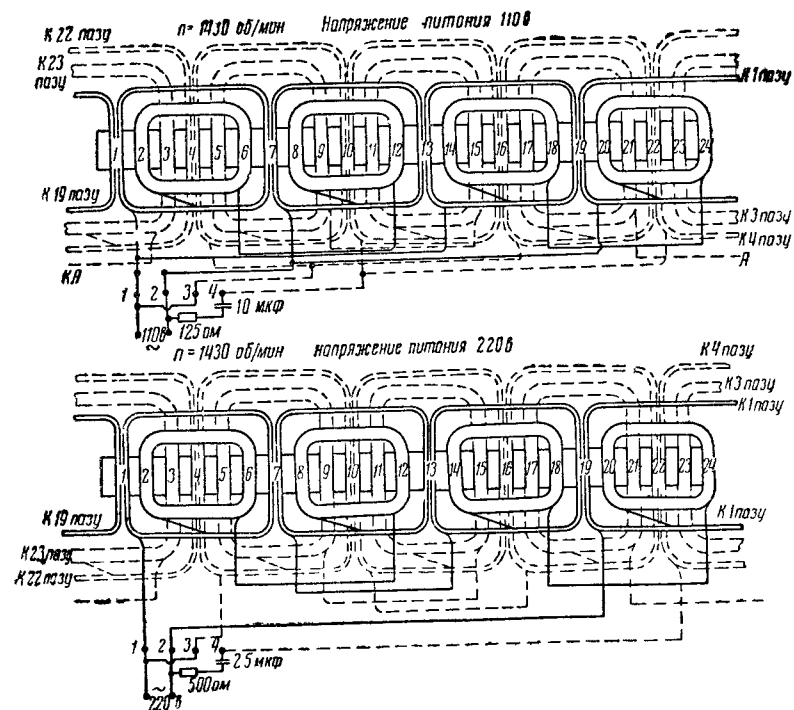


Рис. 35 б

Рис. 34

новные технические характеристики двигателя ДАГ-1 приведены в табл. 2.

Если мощность двигателя на валу недостаточна, ее можно увеличить примерно в два раза, включив ДАГ-1 по схеме конденсаторного двигателя. Для этого нужно снять верхнюю крышку двигателя и перепаять концы обмоток согласно приведенной схеме (рис. 34). В этом случае в зависимости от схемы соединения обмоток двигатель должен питаться только от напряжения 127 в (рис. 34, а) или 60 в (рис. 34, б).

При включении двигателя по конденсаторной схеме следует проверить, согласовано ли направление вращения ротора с положением короткозамкнутого витка на полюсе. В согласованном двигателе ротор должен вращаться в сторону витка — от основной (не охваченной витком) части полюса к экранированной, на которой надет короткозамкнутый виток. Если двигатель не согласован, то мощность на его

Кроме двигателя ДАГ-1, в качестве ведущего могут быть использованы и другие двигатели, предназначенные для приводов электропатефонов, например, ДАП-1, ЭДГ-1, ЭПУ и т. д. Другими асинхронными двигателями, имеющими широкое распространение, которые могут быть использованы в любительских конструкциях, являются двигатели ДО-50 и ДАМ-1. Основные технические показатели этих двигателей также приведены в табл. 2.

Не рекомендуется использовать в качестве ведущего двигателя коллекторные двигатели, так как они очень чувствительны к изменению нагрузки и напряжению питающей сети.

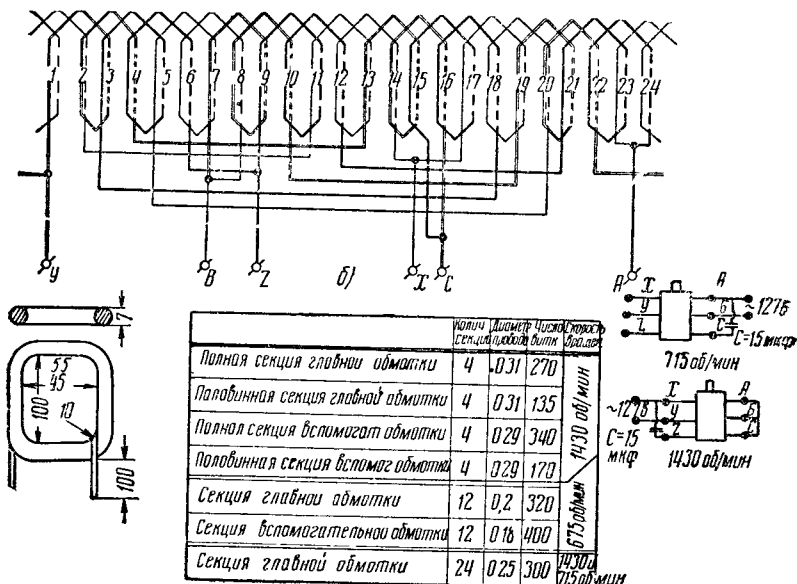


Рис. 35 в

Радиолюбителям часто бывает сложно достать специальные конденсаторные ведущие двигатели типа ДВС-У1 и др. Однако опытный радиолюбитель сам может изготовить подобный двигатель из более распространенных асинхронных двигателей.

Наиболее удобным для переделки является двигатель ДО-50. В этом двигателе необходимо заменить подшипники качения на подшипники скольжения и перемотать обмотку статора асинхронных двигателей в зависимости от числа оборотов двигателя и напряжения его питания.

Кроме того, на рис. 35 приводится схема обмотки статора асинхронного двигателя на две скорости вращения: 1420 и 710 об/мин. Переключение скорости осуществляется электрическим путем.

В том случае, когда необходимо иметь односкоростной синхронный двигатель, его также можно переделать из двигателя ДО-50. Для этого необходимо перемотать обмотку статора по схеме рис. 35 и, кроме того, сфрезеровать в четырех местах ротор примерно на 1/3 полюсного деления, как показано на рис. 36.

Конденсатор для включения конденсаторного двигателя должен быть с бумажным диэлектриком, на рабочее напряжение не менее 400—600 в. Сопротивление, включаемое последовательно с конденсатором в цепь вспомогательной обмотки, нужно выбирать на мощность рассеивания не ниже 30—50 вт.

Чтобы изменить направление вращения двигателя в однофазных унифицированных конденсаторных двигателях, необходимо переключить концы вспомогательной обмотки. Практически для этого достаточно поменять местами и внешние провода, идущие к контактам 3—4 (рис. 32 в).

Встречаются двигатели, в которых нельзя изменить направление вращения переключением обмоток (например, в двигателе ДАГ-1). Чтобы изменить направление вращения в таких двигателях, их необходимо разобрать и перевернуть статор на 180° так, чтобы его верхняя часть оказалась внизу.

**Выбор боковых двигателей.** Двигатели подмотки и обратной перемотки работают примерно в равных условиях. Чтобы обеспечить постоянство и равенство натяжения на различных участках движения ленты при рабочем ходе и при ускоренных перемотках, «идеальная» механическая характеристика боковых двигателей должна иметь вид, приведенный на рис. 37, то есть боковые двигатели должны иметь мягкую механическую характеристику. В этом и заключается главное отличие боковых двигателей от ведущего.

Кроме того, боковые двигатели должны отвечать следующим требованиям: иметь достаточно большой пусковой момент, необходимый для нормальной работы лентопротяж-

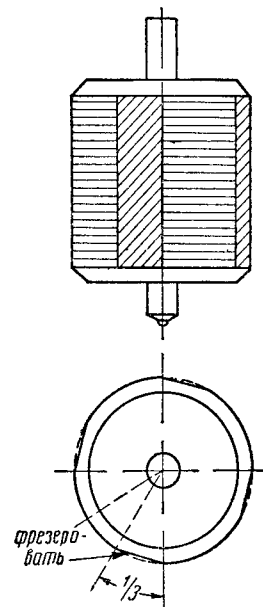


Рис. 36

ного механизма при любом соотношении ленты на кассетах; иметь строго постоянный, без колебаний в течение одного оборота, вращающий момент (особенно на малых оборотах, порядка 300 об/мин и ниже).

Наиболее полно этим требованиям отвечают асинхронные двигатели с ротором в виде «беличьей клетки», имеющей большое омическое сопротивление, а также двигатели,

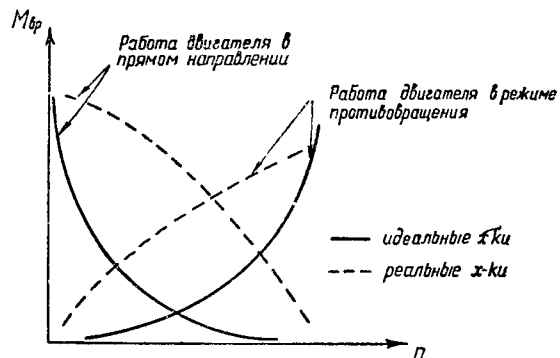


Рис. 37

выполненные со сплошным ротором, который может быть сделан из чугуна или стали. В высококачественной профессиональной аппаратуре в основном и применяются такие двигатели.

В некоторых старых промышленных конструкциях использовались коллекторные серийные двигатели переменного и постоянного тока, имеющие тоже мягкую механическую характеристику.

При выборе боковых двигателей, так же как и при выборе ведущего двигателя, необходимо учитывать их мощность и скорость вращения. Мощность боковых двигателей определяется емкостью кассет и скоростью перемотки. Обычно скорость прямой и обратной ускоренной перемотки выбирается примерно в десять раз больше скорости ленты при рабочем ходе и лежит в пределах от 2000 до 7000 мм/сек.

Не рекомендуется увеличивать скорость перемотки более чем до  $7000 \div 10\,000$  мм/сек, так как это увеличит износ звуконосителя. Можно считать, что для перемотки 1000 м ферромагнитной ленты при скорости ее движения  $4000 \div 7000$  мм/сек мощность на валу двигателя должна составлять примерно  $15 \div 30$  вт. Для перемотки 500 м ленты при скорости  $2000 \div 4000$  мм/сек необходимая мощность на валу составляет  $10 \div 15$  вт, для перемотки 200 и 100 м ленты при скорости 2000 мм/сек —  $2 \div 4$  вт.

Таблица 3

Тип двигателя	Напряжение питания, в	Мощность на валу, вт	Потребляемая мощность, вт	Скорость вращения на холостом ходу, об/мин	Потребляемый ток, а	Пусковой момент, гсм	Емкость конденсатора, мкф	Величина сопротивления, ом	Вес, кг
ДПА-010/5-4	220	—	100	1430	0,51	3000	1,5	250	5,8
ДПА-У1	220/110*	—	95/106	1430	0,51 0,57	3000	3	250	4,2
ДПА-У2	220/110*	—	61/69	1310	0,34 0,38	2000	1,5	250	3
ДПН-2	220	—	—	1300	—	2100	—	—	1,5
ДАГ-1 по схеме конденсаторного двигателя на 60 в с ротором со средним торцом	60	—	15	1700	0,28 0,29	170	3	—	1,4
ДАГ-1 по схеме конденсаторного двигателя на 60 в со сплошным ротором из стали Ст3	120**	7	70÷80	2900	0,74 0,77	750	3	—	1,4
	60	—	15	1400	0,28 0,29	160	3	7	1,4
	120**	3,5	70÷80	2400	0,74 0,77	650	3	—	1,4

\* Так же как и ведущие унифицированные двигатели, в продаже встречаются двигатели ДПА-У1, рассчитанные на питающее напряжение только 220 в.

\*\* При указанных напряжениях питающей сети допускается только кратковременный режим работы двигателя.

Потребляемая мощность боковых двигателей равна соответственно  $25 \div 100$  вт.

Число оборотов боковых двигателей на холостом ходу для обеспечения необходимой скорости перемотки выбирается в пределах от 750 до 1500 об/мин.

В настоящее время наша промышленность выпускает следующие типы специальных боковых двигателей — ДПА У1 и ДПА-У2 (двигатель перематывающий, асинхронный, унифицированный). Это — конденсаторные реверсивные двигатели, со сплошным ротором, питающиеся от сети однофазного тока частотой 50 гц. Двигатели имеют подшипники скольжения.

Основные данные и технические показатели этих двигателей приведены в табл. 3.

Схема включения указанных двигателей аналогична схеме включения ведущих унифицированных двигателей (рис. 32 в). Габаритно-установочные размеры и общий вид двигателя ДПА-У1 соответствуют размерам ведущих двигателей (рис. 32 б). Общий вид и габаритно-установочные размеры двигателя ДПА-У2 также соответствуют ведущим двигателям, но высота его  $H=112$  мм.

Наряду с унифицированными перематывающими двигателями применяются боковые двигатели с внешним ротором. Применение внешнего ротора дает возможность получить высокие энергетические показатели при значительном снижении веса двигателя. Примером такого двигателя является двигатель типа ДПН-2. Основные его характеристики приведены в табл. 3.

Интерес для конструктора представляет «смягчение» механической характеристики обычных асинхронных двигателей. Достигнуть этого можно увеличением омического сопротивления ротора. Наиболее просто это осуществляется стачиванием до набора сердечника одного из торцов «беличьей клетки» ротора. Характеристику, приближающуюся к идеальной, можно получить, заменив ротор с «беличьей клеткой» сплошным, выполненным из чугуна или стали (сталь Ст3). Неплохие результаты могут быть получены при переделке асинхронного двигателя ДАГ-1. В табл. 3 приведены основные технические показатели двигателя ДАГ-1, включенного по схеме конденсаторного двигателя на напряжение 60 в (рис. 34, б) со сплошным ротором из стали Ст3 и со сточенным торцом ротора — «беличьей клетки». Если после переделки резко падает пусковой момент, необходимо нанести на сточенную часть ротора тонкий слой олова.

Боковые двигатели, приближающиеся по своим характеристикам к унифицированным, могут быть переделаны из двигателя ДО-50. Для этого статор двигателя ДО-50

перематывается в зависимости от числа оборотов, по одной из схем (рис. 35), а ротор заменяется на сплошной, выполненный из чугуна марки СЧ-20.

На рис. 38 приведена еще одна конструкция бокового двигателя с внешним ротором, которая может быть выполнена радиолубителем. Статор такого двигателя изготавливается из ротора коллекторного двигателя или из ротора

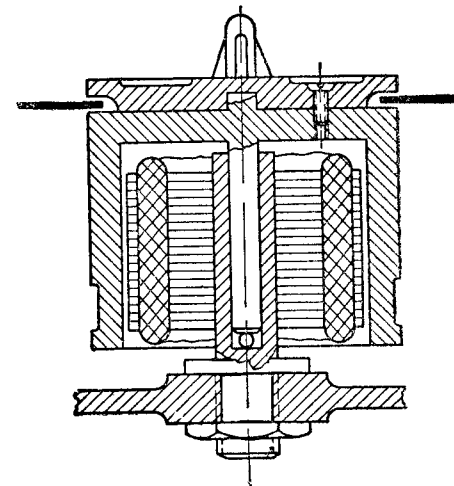


Рис. 38

сельсина. Желательно, чтобы число пазов статора было равно 24. В этом случае статор может быть намотан по одной из приведенных схем. Ротор выполняется из чугуна СЧ-20 или из стали (сталь Ст3).

Если момент двигателя будет недостаточен, необходимо покрыть стальной или чугунный ротор тонким слоем красной меди. Последняя операция выполняется гальваническим путем. В такой конструкции внешний ротор служит одновременно подтарельником и тормозным барабаном. Это значительно упрощает конструкцию узлов подмотки и обратной перемотки ленты.

Следует иметь в виду, что при ускоренной перемотке ленты режим двигателя, как правило, форсируется (в этом режиме на двигатель можно подавать повышенное напряжение, иногда вдвое превышающее номинальное). Так как время перемотки ленты обычно составляет всего 1—5 мин., повышение напряжения не вызывает значительного нагрева двигателя и не выводит его из строя. Мощность на валу

боковых двигателей, необходимая для натяжения ленты, меньше мощности, необходимой для ускоренной перемотки.

Поэтому, чтобы обеспечить необходимое натяжение ленты, можно уменьшить мощность боковых двигателей путем понижения питающего напряжения. Последнее достигается включением в цепь питания двигателя сопротивления, конденсатора, дросселя или же питанием двигателя от автотрансформатора.

**Общие соображения по выбору двигателей лентопротяжных механизмов.** Большинство двигателей, не предназначенных специально для работы в лентопротяжных механизмах, имеют подшипники качения. При перемотке подобных двигателей и при использовании их в лентопротяжном механизме наблюдается значительный акустический шум, мешающий нормальной работе магнитофона.

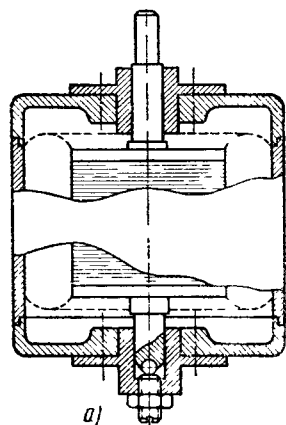


Рис. 39 а

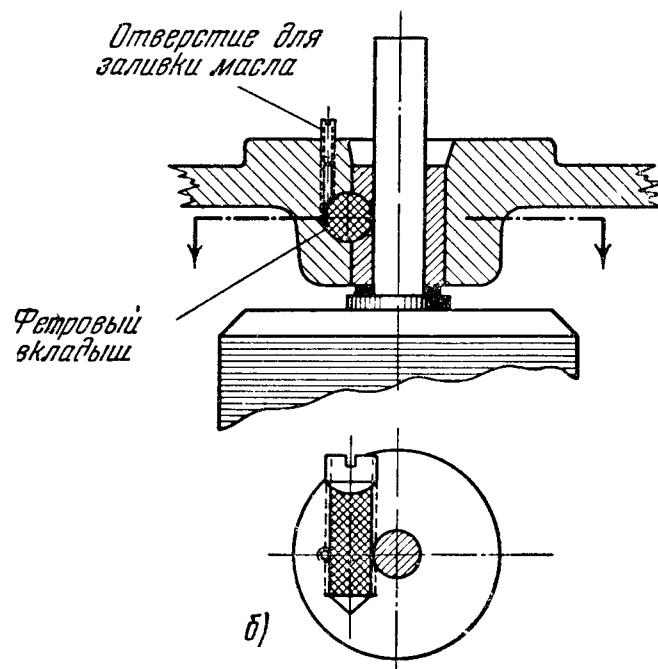


Рис. 39 б

Этот шум будет не только прослушиваться непосредственно, но и может вызвать микрофонный эффект в лампах. Причиной неравномерности вращения осей может явиться несколько овальная форма колец шариковых подшипников, которую они приобретают во время термической обработки. Поэтому подшипники качения необходимо заменить подшипниками скольжения. Если ведущая ось укреплена непосредственно на оси двигателя, то последнюю нужно шлифовать в подшипниках двигателя, и биение ее практически может быть сведено к нулю. Это особенно важно для ведущего двигателя.

Замена подшипников качения подшипниками скольжения показана на рис. 39 а. Вместо подшипников качения в крышках двигателя укрепляются бронзовые вкладыши, и ось ротора шлифуется к ним. В нижний торец оси ротора завальцовывается стальной шарик, а в нижнем вкладыше нарезается резьба и укрепляется упорный винт, с помощью которого устанавливается правильное положение ротора относительно статора.

Если ротор выступает из статора, то мощность двигателя резко падает. Для нормальной работы подшипника скольжения необходимо, чтобы высота бронзового вкладыша была в два-три раза больше диаметра оси ротора. Материалом для вкладышей может служить бронза, например, марки Бр. ОЦС6-4-3 и др.

При замене подшипников качения подшипниками скольжения особое внимание следует обратить на устранение радиального люфта в подшипниках. Даже небольшой радиальный люфт приводит к вибрации двигателя, что может вызвать резкое увеличение шума. Все это приводит к повышенному износу подшипников. Если переделывается боковой двигатель и его ротор заменяется сплошным, то следует обратить внимание на точность его изготовления, так как на работу двигателя очень сильно влияет величина воздушного зазора между статором и ротором (мощность двигателя может уменьшиться). Диаметр сплошного ротора должен быть выдержан с точностью до  $\pm 0,03 \pm 0,05$  мм по размерам удаленного ротора. Нормальная величина зазора лежит в пределах 0,2—0,4 мм.

Для нормальной работы подшипников скольжения необходима их смазка. На рис. 39 б показана система смазки, применяемая в унифицированных двигателях ДВС-У1, ДВА-У1, ДПА-У1 и т. д.

Смазка происходит путем соприкосновения оси двигателя с фетровым вкладышем, пропитанным маслом. На рис. 39 б приведена система смазки для верхнего подшипника. Точно так же происходит смазка и нижнего подшипника.



Подобная система смазки подшипников скольжения применяется в профессиональной аппаратуре магнитной записи. В массовых магнитофонах подшипники скольжения строят на принципе «синтер-подшипников». Эти подшипники изготавливаются из особых «синтер-металлов», являющихся пористыми материалами. Такие материалы впитывают в себя смазочное вещество, что уменьшает периодичность смазки. Кроме того, часто применяются самосмазывающиеся графитовые подшипники, для которых смазка вообще не нужна.

Помимо акустического шума, вызываемого подшипниками качения, может наблюдаться акустический шум даже у двигателей с подшипниками скольжения (из-за вибрации двигателя). Он также может вызывать микрофонный эффект в лампах, головках и т. п.

Рассмотрим причины вибрации и способы их устранения. Одной из причин вибрации является механический небаланс ротора. Частота вибрации может быть определена из следующего соотношения  $f = \frac{n}{60}$  где  $n$  — скорость вращения двигателя в об/мин.

Для устранения подобных вибраций необходимо тщательно отбалансировать ротор.

Неправильный подбор величины емкости конденсатора и сопротивления в конденсаторном двигателе также может вызывать вибрацию с частотой 100 гц.

Сильное насыщение магнитопровода двигателя вызывает вибрацию с частотой 100 гц. Для устранения вибрации в этом случае следует понизить напряжение питания, хотя при этом теряется мощность на валу двигателя.

В асинхронных двигателях с короткозамкнутым витком на полюсе, при скоростях, близких к скорости холостого хода, кроме рассмотренных вибраций, могут иметь место еще и низкочастотные вибрации с частотой 5—10 гц.

Источником вибрации может явиться также радиальный люфт подшипников.

Двигатель является иногда еще и источником электромагнитных помех, создаваемых полем рассеяния. Напряженность внешнего поля рассеяния зависит от насыщения магнитопровода и особенно от насыщения его ярма. Из-за нелинейности кривой намагничивания, помимо внешнего магнитного поля с основной частотой 50 гц, имеются поля, создаваемые гармониками.

Внешние магнитные поля двигателей наводят в магнитных головках, входных трансформаторах и т. п. переменную ЭДС, частота которых лежит в диапазоне 50—200 гц. Эта ЭДС обычно прослушивается в виде фона.

Для уменьшения внешних полей рассеяния двигателя можно было бы заключить в магнитный экран. Однако это

не всегда возможно из-за опасности их перегрева; поэтому приходится особенно тщательно экранировать входные цепи усилителей.

## КОНСТРУКЦИЯ УЗЛА ПРОТЯГИВАНИЯ ЛЕНТЫ

(ведущая ось, прижимной ролик)

Движение звуконосителя в лентопротяжном механизме с постоянной скоростью в большинстве случаев осуществляется ведущей осью и прижимным роликом или же (в простейших конструкциях) непосредственно ведущей осью.

Рассмотрим подробнее каждый способ.

В первом случае (рис. 40, а) лента прижимается к ведущей оси, вращающейся с постоянной скоростью, резиновой поверхностью прижимного ролика.

По высоте прижимной ролик устанавливается так, как показано на рис. 40, б, то есть сверху и снизу резиновая поверхность ролика должна обволакивать ферромагнитную ленту и иметь непосредственный контакт с ведущей осью. Вращение ведущей оси через ленту и места контактов резиновой поверхности с ведущей осью передается прижимному ролику; вращаясь, он протягивает ленту.

Во втором случае (рис. 40, в) протягивание осуществляется за счет хорошего сцепления звуконосителя с поверхностью ведущего ролика, вращающегося с постоянной скоростью.

Сцепление зависит от силы трения, которая в данном случае пропорциональна  $\kappa \alpha$ , где  $\kappa$  — коэффициент трения, а  $\alpha$  — угол охвата ведущего ролика звуконосителем. Для надежного протягивания диаметр ведущего ролика необходимо выбирать достаточно большим, увеличивать угол охвата и изготавливать ведущий ролик из материала, имеющего значительную величину коэффициента трения. Как правило, в магнитофонах, где применяется подобный метод протягивания звуконосителя, используют ведущие оси с обрезиненной поверхностью.

В обоих случаях ленту фактически «ведет» резиновая поверхность ролика или ведущей оси, так как коэффициент трения резина — лента примерно равен 0,9 и всегда больше коэффициента трения сталь — лента, равного 0,2.

В лентопротяжных механизмах в основном применяется первый способ, при котором скорость движения звуконосителя получается более стабильной. Способ, показанный на рис. 40, в, благодаря своей простоте (отсутствие прижимного ролика) применяется в простейших конструкциях, например в магнитофонах-приставках.

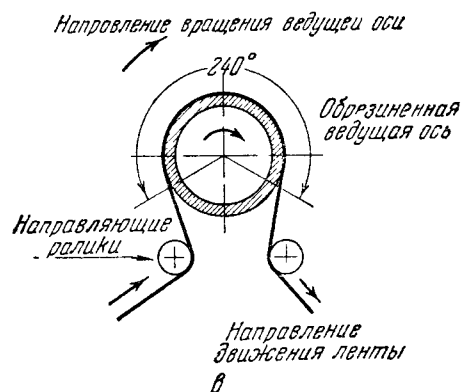
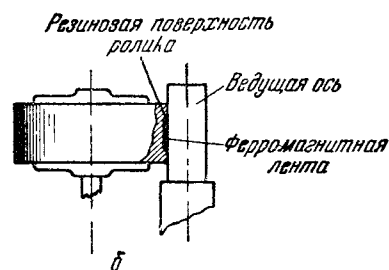
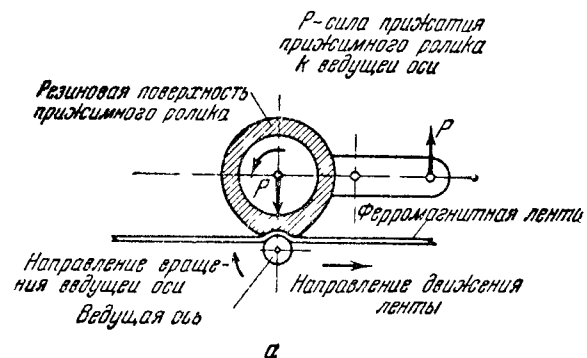


Рис 40

Существенный недостаток второго способа состоит в том, что степень сцепления ленты с обрезиненной поверхностью ведущей оси меняется в зависимости от соотношения звуконосителя на кассетах. Это приводит к изменению скорости движения ленты. Поэтому такой способ применяется для протягивания не более 100—150 м ленты. Другим его недостатком является то, что при ускоренной перемотке звуконоситель должен быть освобожден от охвата этого ролика.

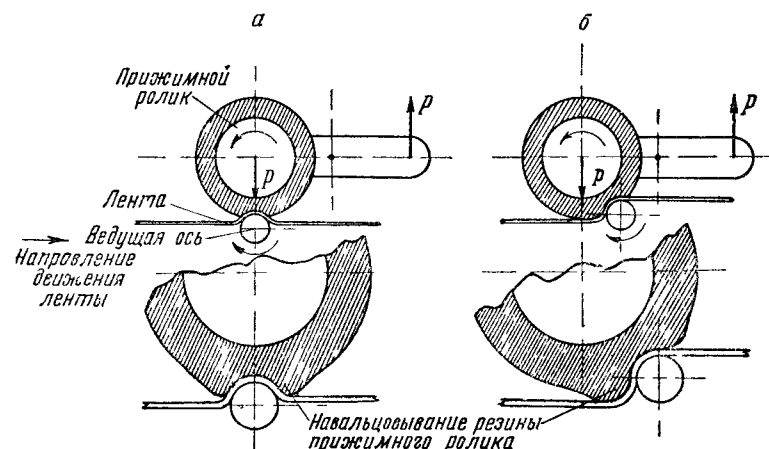


Рис 41

Кроме описанных способов, принципиально возможны и другие. Можно, например, осуществить протягивание ленты без ведущей оси, за счет вращения приемной кассеты. В этом случае скорость движения ленты будет меняться по мере намотки ее на кассету. Однако при этом не будут наблюдаться изменения тональности, так как при записи и воспроизведении каждый участок звуконосителя проходит головки с одной и той же скоростью. В практике указанный способ почти не применяется, так как дает различное качество записи в начале и в конце рулона, вызывает трудности при монтаже и пр.

При протягивании ленты ведущей осью и прижимным роликом возможны два способа установки ролика. На рис 41, а показана так называемая схема установки ролика на «прижим». При этом способе ролик и ведущая ось устанавливаются таким образом, чтобы центры их вращения лежали на одной прямой, в направлении которой действует сила, прижимающая ролик к ведущей оси.

При способе установки ролика на «заклинивание»

(рис. 41, б) центры вращения ролика и ведущей оси смещены.

Преимущество установки ролика на «прижим» состоит в том, что этот способ позволяет получать более стабильное протягивание звуконосителя. Объясняется это тем, что в результате вдавливания ведущей оси в резиновую поверхность ролика образуется навалцовывание резины. При установке ролика на «прижим» навалцовывание равномерно распределяется по обе стороны от ведущей оси. В случае установки ролика на «заклинивание» навалцовывание резины происходит в основном с одной стороны и при прочих равных условиях превосходит по своей величине навалцовывание, образующееся при установке ролика на «прижим».

При протягивании ленты достаточно небольшой неоднородности резины (практически эта неоднородность всегда налицо), чтобы навалцованный участок бил по ведущей оси. Это может вызвать качение ротора синхронного двигателя или переменную нагрузку на ось асинхронного двигателя, отрицательно сказывающуюся на стабильности движения ленты.

Основной недостаток установки ролика на «прижим» состоит в том, что сила его прижатия к ведущей оси  $P$  должна быть больше, чем сила прижатия при установке ролика на «заклинивание».

Например, в профессиональных лентопротяжных механизмах, где натяжение ферромагнитной ленты слева и справа от ведущей оси достигает 150—200 г, при установке ролика на «заклинивание» сила прижатия должна быть равна 4—5 кг, а при установке на «прижим» она должна быть увеличена до 6—7 кг.

В массовых лентопротяжных механизмах, где натяжение ленты не превышает 10—20 г, сила прижатия при установке на «прижим» может быть уменьшена до 1 кг.

При протягивании ленты обрезиненной поверхностью ведущей оси для улучшения сцепления ленты с ведущей осью необходимо увеличивать поверхность их соприкосновения. Для этого выбирается как можно больший диаметр ведущей оси (применяют двигатели с малой скоростью вращения). Неплохие результаты могут быть получены, когда диаметр ведущей оси составляет несколько десятков миллиметров, а лента соприкасается с ведущей осью не менее чем на  $2/3$  ее окружности.

При использовании ведущей оси большого диаметра коэффициент детонации должен уменьшаться. Однако резиновая поверхность не допускает высокой точности обработки, поэтому при данном способе протягивания звуконосителя стабильность его движения может оказаться ниже, чем

при способе протягивания при помощи ведущего и прижимного ролика. Для увеличения угла соприкосновения ленты с ведущей осью обычно применяют направляющие ролики или колонки (рис. 40, в), роль которых в большинстве случаев выполняют сами магнитные головки.

**Конструкция прижимного ролика.** Одна из конструкций прижимного ролика, применяемая в массовых и любительских лентопротяжных механизмах, приведена на рис. 42.

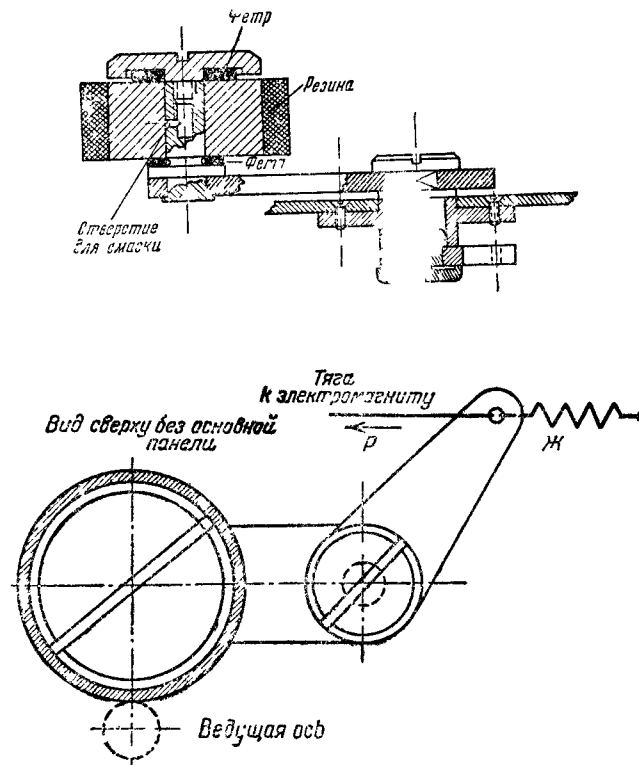


Рис 42

Прижимной ролик состоит из основания, на котором укреплены резиновое кольцо и крышка. Основание ролика вращается на оси, укрепленной на рычаге, который может вращаться вокруг оси. При рабочем ходе ролик прижимается к ведущей оси при помощи электромагнита; при выключении механизма он должен отжиматься от ведущей оси, иначе лента может порваться во время остановки.

При неработающем механизме ролик все время также

должен быть отжат от ведущей оси. В противном случае на его поверхности образуются углубления, которые могут вызвать неравномерность движения ленты. Расстояние, на которое прижимной ролик должен отходить от ведущей оси, составляет 1—2 мм. Отжим ролика от ведущей оси при выключении механизма достигается при помощи пружины Ж.

Иногда конструкцию прижимного ролика выполняют без электромагнита: в подобных случаях ролик все время при-

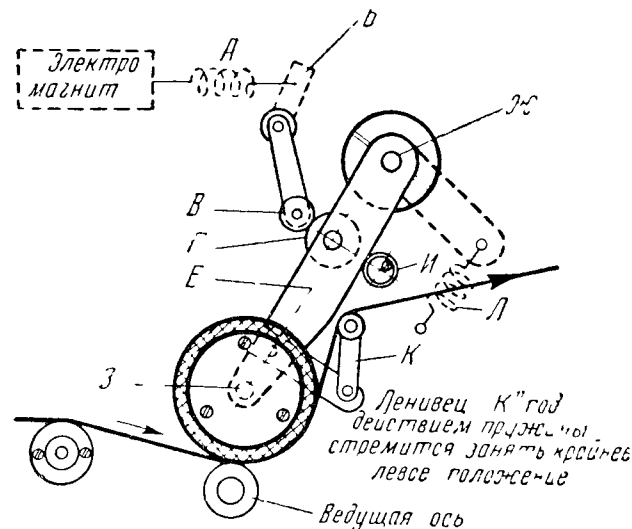


Рис. 43

жимается к ведущей оси пружиной. При выключении ролик отжимается от ведущей оси специальной системой рычагов или пружин.

В массовых магнитофонах очень часто прижимной ролик соединяется со специальным рычагом «кратковременной остановки ленты». Нажав вручную на этот рычаг, можно отвести ролик от ведущей оси. Этим достигается кратковременная остановка ленты при работающем ведущем двигателе.

В прижимных роликах могут быть применены как подшипники качения, так и скольжения. В случае использования последних конструкция прижимного ролика упрощается. Существенным недостатком подшипников скольжения является то, что по мере их износа образуется люфт. Это влияет на стабильность скорости движения звуконосителя и создает дополнительный шум (стук).

В профессиональных высококачественных лентопро-

ных механизмах используют прижимные ролики более сложных конструкций. Одна из них показана на рис. 43.

При включении механизма срабатывает электромагнит и натягивает пружину А, закрепленную на рычаге В, который при этом поворачивается против часовой стрелки и роликом В нажимает на ролик Г. В результате кронштейн Е поворачивается вокруг оси Ж и прижимает к ведущей оси прижимной ролик, стоящий на оси З. Степень прижатия ролика к ведущей оси регулируется эксцентриковым ограничителем И, который после регулировки фиксируется винтом

При выключении механизма электромагнит обесточивается, и под действием пружины Л кронштейн Е возвращается в первоначальное положение. Такая сложность в конструкции вызвана необходимостью избежать возможные перемещения оси З, на которой укреплен прижимной ролик, так как ленту ведет резиновая поверхность ролика; поэтому всякое перемещение ролика (вибрация, качение, рывки и т. п.) будет влиять на стабильность движения ленты.

При выполнении любой из рассмотренных конструкций следует стремиться к тому, чтобы она обеспечивала максимально возможную параллельность ведущей оси и оси прижимного ролика.

Чтобы обеспечить высокую стабильность движения ленты, прижимной ролик обычно выполняют по второму классу точности. Эксцентриситет ролика не должен превышать 0,02 мм. Внешнее резиновое кольцо ролика должно быть тщательно отшлифовано после посадки на основание. Резина ролика должна иметь среднюю твердость и высокую однородность. В профессиональных аппаратах в прижимном ролике применяют подшипники качения небольших размеров, выполненные с большой точностью, подобные тем, какие используют в гироприборах. Диаметр прижимного ролика следует выбирать в пределах 30—60 мм. При меньшем диаметре скорость вращения прижимного ролика приближается к скорости вращения ведущей оси (в случае применения подшипников качения это может привести к увеличению шума).

В массовых магнитофонах, как правило, прижимные ролики выполняются с подшипниками скольжения; внешний диаметр таких прижимных роликов может быть уменьшен до 20 мм.

Высота резиновой поверхности прижимных роликов выбирается в 2—2,5 раза больше ширины ферромагнитной ленты

**Конструкция ведущей оси.** Ведущая ось может выполняться либо в виде отдельного самостоятельного узла, вращение которому передается от ведущего двигателя через редуктор, либо может являться насадкой на ось двигателя или же быть самой осью двигателя.

Диаметр ведущей оси и число ее оборотов определяют скорость движения звуконосителя. Диаметр оси может быть определен по формуле:

$$d = \frac{60}{\pi} \frac{V}{n} - t,$$

где  $d$  — диаметр ведущей оси, мм;  
 $V$  — скорость движения ленты, мм/сек;  
 $n$  — число оборотов ведущей оси, об/мин;  
 $t$  — толщина ленты, мм.

Выбрав скорость звуконосителя и зная число оборотов ведущей оси, можно рассчитать диаметр ведущей оси.

В табл. 4 приведены величины диаметра ведущей оси в зависимости от числа оборотов для различных скоростей движения ленты. Необходимо помнить, что данные, указанные в таблице, справедливы лишь в том случае, если в качестве привода используется синхронизированный двигатель, на оси которого закреплена ведущая ось.

Когда применяется асинхронный двигатель или же вращение ведущей оси осуществляется через фрикционный или ременный редуктор, число оборотов ведущей оси не является строго постоянным и зависит от нагрузки.

Необходимый диаметр ведущей оси в этом случае можно определить, пользуясь данными таблицы, только ориентировочно, введя затем в расчет необходимую поправку, определенную опытным путем.

Максимальный диаметр ведущей оси может достигать нескольких десятков миллиметров и ограничивается тем, что при его увеличении растут габариты лентопротяжного механизма.

Минимальный диаметр ведущей оси, при котором лента протягивается без проскальзывания, составляет не менее 2,5 мм.

Кроме того, при слишком малом диаметре ведущей оси она не только оказывается механически слабой и подвержена изгибам, но при этом может значительно возрасти коэффициент детонации от так называемого «нагара», образующегося на ведущей оси вследствие появления продуктов износа ленты.

Если в качестве ведущей оси используется ось двигателя, то, чтобы избежать шлифующего действия от рабочего слоя ферромагнитной ленты, ось должна быть выполнена из высококачественной стали с последующей закалкой. Чтобы избежать переделок двигателя, на его ось для устранения шлифующего действия ферромагнитной ленты обычно надевают так называемые ведущие насадки. Применение ведущих насадок различного диаметра целесообразно и в тех случаях, когда необходимо иметь несколько скоростей дви-

жения звуконосителя. Кроме того, ось двигателя, являясь магнитопроводом, может намагнитить отдельные участки звуконосителя за счет импульсов тока, возникающих при включении или выключении двигателей. Применение ведущих насадок, выполненных из немагнитного материала, устраняет такое намагничивание ленты. Наилучшим материалом для ведущих насадок можно считать бериллиевую бронзу. Неплохие результаты получают и при использовании нержавеющей стали. Могут быть применены высококачественные твердые легированные стали с последующей закалкой (например, стали марки Х12ГС, У8А и т. д.).

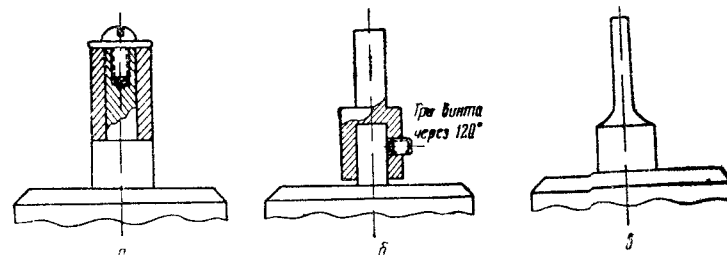


Рис. 44

На рис. 44, а приведена одна из конструкций ведущей насадки. Насадка, изображенная на рис. 44, б, применяется в тех случаях, когда диаметр оси двигателя больше необходимого диаметра ведущей насадки.

В случае применения ведущих насадок диаметром  $3 \div 4$  мм, чтобы они не прогибались, высота рабочей поверхности должна быть немного больше ширины резинового кольца прижимного ролика. Допустимый эксцентриситет для таких ведущих насадок или осей не должен превышать  $2 \div 3$  микрона. Для достижения такой точности необходимо закрепленную на оси двигателя насадку шлифовать непосредственно в подшипниках двигателя. Еще лучше в лентопротяжных механизмах, использующих ведущие оси диаметром  $3 \div 4$  мм, ведущие насадки не применять, а проточить ось двигателя до нужного размера (рис. 44, в).

Недостатком ведущих насадок является то, что частая смена насадок (если с их помощью изменяется скорость движения звуконосителя) приводит к образованию люфтов, отрицательно влияющих на стабильность движения звуконосителя. Поэтому изменение скорости движения звуконосителя при помощи насадок возможно лишь при применении ведущих насадок диаметром не менее 10 мм.

Если диаметр ведущей оси равен 3—4 мм, то изменение скорости движения звуконосителя возможно только в слу-

Таблица 4

Число оборотов ведущей оси, об/мин	Диаметр ведущей оси														
	78	100	150	250	300	610	710	1000	1200	1430	1500	2000	2500	2800	
Скорость движения звуконосителя, мм/сек.															
762	186,6	145,5	97,02	58,06	48,5	23,8	20,5	14,6	12,1	10,2	9,7	7,3	5,8	5,2	4,85
381	93,3	72,8	48,5	29,03	24,25	11,9	10,25	7,3	6,05	5,1	4,85	3,65	2,9	2,6	2,42
190,5	46,65	36,4	24,25	14,6	12,13	5,95	5,12	3,65	3,02	2,55	2,42	1,82	1,45	1,3	1,21
95,3	23,32	18,2	12,13	14,5	6,65	2,97	2,56	1,82	1,51	1,27	1,21	0,91	0,72	0,65	0,6
47,6	11,66	9,1	9,1	6,65	3,33	1,48	1,28	0,91	0,75	0,63	0,6	0,45	0,36	0,32	0,3

чае применения в качестве ведущих специальных многоскоростных двигателей или же при помощи редукторов.

Как уже отмечалось, в простейших магнитофонах движение звуконосителя может осуществляться обрешиненной поверхностью ведущей оси. На рис. 45 приведена конструкция ведущей оси с обрешиненной поверхностью, являющейся по существу насадкой на ось двигателя электропроигрывателя.

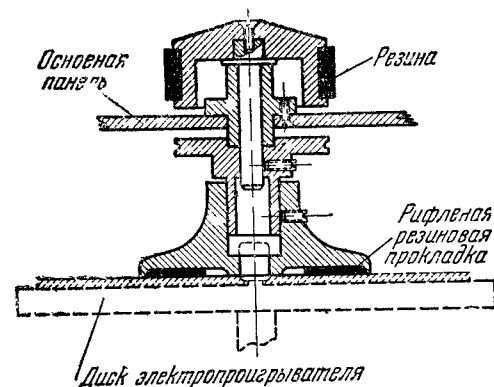


Рис. 45

Ленту ведет резиновое кольцо, насаженное на основание ведущей оси, вращающейся в подшипнике скольжения. На оси укреплен шкив для передачи при помощи пассика вращения приемной кассеты. Муфта передает вращение от диска электропроигрывателя ведущей оси. Для увеличения ее сцепления с диском на основание муфты наклеивают рифленое резиновое кольцо.

В массовых конструкциях магнитофонов ведущую ось часто выполняют в виде самостоятельного узла. Для того чтобы использовать маломощные двигатели, увеличить равномерность вращения ведущей оси и соответственно передвижение звуконосителя, — на ведущей оси укрепляется маховик.

Вращение ведущей оси осуществляется от электродвигателя через редуктор. При помощи редуктора снижается скорость вращения ведущей оси по сравнению со скоростью вращения оси двигателя. Меняя коэффициент передачи редуктора, можно менять скорость движения звуконосителя. В качестве редуктора могут быть использованы ременные или фрикционные передачи.

При использовании ременных передач на оси двигателя укрепляется шкив, а на маховике делается проточка, про-

филь которой соответствует профилю применяемого пассива. Движение от двигателя посредством пассива передается маховику и ведущей оси.

Такая передача имеет существенный недостаток: при изменении нагрузки на ведущей оси возможно проскальзывание пассива и возникают трудности при изменении передаточного числа в случае необходимости иметь несколько скоростей движения звуконосителя.

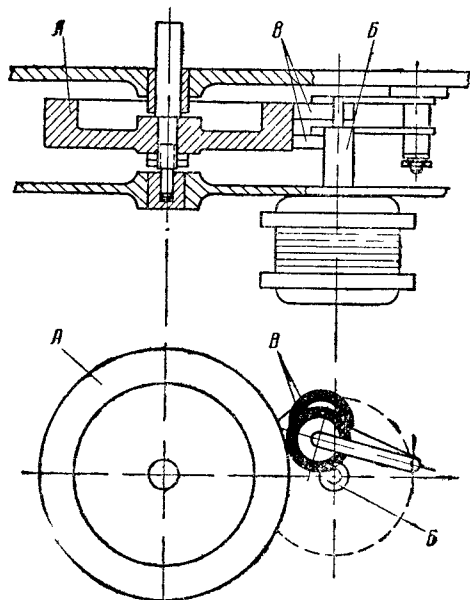


Рис. 46

Наибольшее применение в массовых магнитофонах в качестве редукторов нашли фрикционные передачи. На рис. 46 приведена одна из конструкций ведущего узла, где в качестве редуктора используется такая передача.

Одним шкивом фрикционной передачи является маховик А, а другим — насадка на оси ведущего двигателя В. Усилие передается от оси ведущего двигателя к маховику через обрезиненные паразитные ролики В. Для того чтобы менять скорость движения звуконосителя, на оси двигателя укрепляют двухступенчатую насадку и используют два паразитных ролика. При переключении роликов меняется коэффициент передачи. Конструкция переключателя паразитных роликов выполняется таким образом, чтобы при выключенном лентопротяжном механизме они оба были отжаты от маховика и

ведущей оси. Это исключает появление вмятин на резиновой поверхности паразитных роликов.

В других конструкциях паразитные ролики отсутствуют. Усилие от оси ведущего двигателя передается непосредственно обрезиненному маховику.

На оси двигателя укрепляется, так же как и в конструкции рис. 46, двухступенчатая насадка. В зависимости от скорости вращения ведущей оси маховик соприкасается с верхней или нижней частью насадки. Последнее достигается перемещением двигателя в вертикальном направлении. При выключенном лентопротяжном механизме, чтобы не образовывались вмятины на обрезиненной поверхности маховика, ось двигателя отводится от маховика.

Эта конструкция, несмотря на то, что в ней отсутствуют паразитные ролики, иногда получается более сложной, так как двигатель должен перемещаться в двух плоскостях.

Для устранения шлифующего действия ферромагнитной ленты ведущую ось, как и ведущие насадки, выполняют из высококачественных твердых легированных сталей. При изготовлении ведущей оси в виде самостоятельного узла, несмотря на то, что, как правило, она имеет достаточно большой диаметр, следует обратить внимание на точность ее выполнения. Ведущие оси должны выполняться по второму классу точности. Допустимый эксцентриситет не должен превышать 0,01—0,02 мм. Внешняя поверхность ведущей оси должна быть шлифована и отполирована.

Маховик выполняется обычно из стали. Диаметр его выбирается равным 120—150 мм. Вес маховика должен быть 2÷3 кг. Внешняя поверхность маховика должна быть шлифована, а сам маховик тщательно отбалансирован.

Паразитный ролик состоит из обрезиненной стальной или бронзовой втулки, которая вращается вокруг неподвижной оси, укрепленной на качающемся рычаге.

Существенное значение для плавной передачи имеет свободная подвижность паразитного ролика, при которой обеспечивается его самоустановление.

В заключение остановимся на способе укрепления прижимного ролика по отношению к ведущей оси и рабочему слою ленты. Здесь возможны два варианта (рис. 47).

На рис. 47, а прижимной ролик расположен так, что рабочий слой ферромагнитной ленты соприкасается с ведущей осью, а на рис. 47, б — с резиновой поверхностью прижимного ролика. Во всех случаях, когда позволяет конструкция лентопротяжного механизма, ролик следует располагать так, как показано на рис. 47, б. При этом ведущая ось соприкасается с гладкой стороной ленты. Это исключает изменение ее диаметра за счет шлифующего действия ферромаг-

нитной ленты, а следовательно, и изменение скорости движения звуконосителя. При таком способе крепления прижимного ролика ведущую ось можно выполнять из менее твердых материалов, чем в случае, показанном на рис. 47, а.

Для снятия продуктов износа ленты с ведущей оси применяют различные «дворники». В простейшем случае «двор-

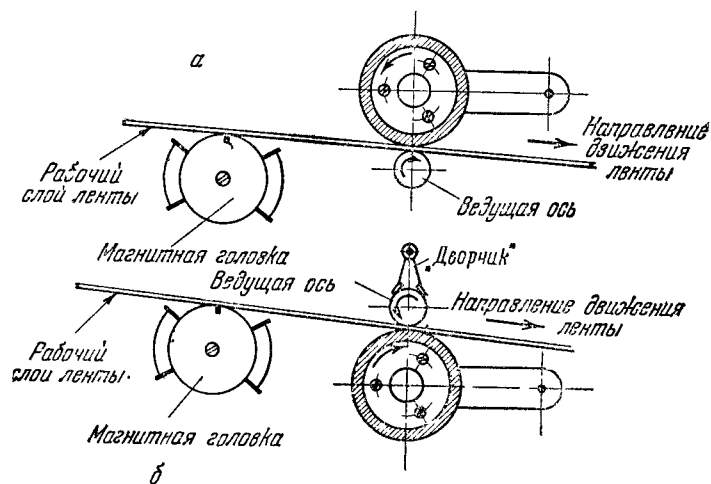


Рис. 47

ник» представляет собой пружину с наклеенными на нее кусочками фетра, которая прижимается к ведущей оси.

#### УЗЕЛ ПОДМОТКИ И ОБРАТНОЙ ПЕРЕМОТКИ ЛЕНТЫ

**Кассеты и бобышки.** Ферромагнитная лента обычно хранится, намотанная на бобышку или кассету. Бобышка отличается от кассеты тем, что не имеет боковых щечек.

При работе с лентой, намотанной на бобышку, удобнее производить монтаж записи, склеивать ленту при обрывах и т. д., но качество подмотки и обратной перемотки ленты должно быть при этом очень высоким. Рулон ленты должен быть намотан плотно и равномерно.

Бобышки, как правило, применяются в профессиональной практике.

При использовании массовых магнитофонов предпочтение следует отдать кассетам, так как подмотка ленты в этих конструкциях менее качественна. Пользование кассетой гораздо проще, чем бобышкой; кроме того, в этом случае ленту удобнее хранить.

Для того чтобы обеспечить обмен записями, на кассеты и бобышки утверждены стандарты. Форма и размеры стандартной бобышки приведены на рис. 48, а. Бобышки штампуются из стали, дюралюминия. Самодельные бобышки можно выточить из алюминия, гетинакса, эбонита и т. п. На бобышку наматывается до 1000 м ферромагнитной ленты. Диаметр рулона с лентой при толщине ферромагнитной ленты 55 микрон составляет 280 мм.

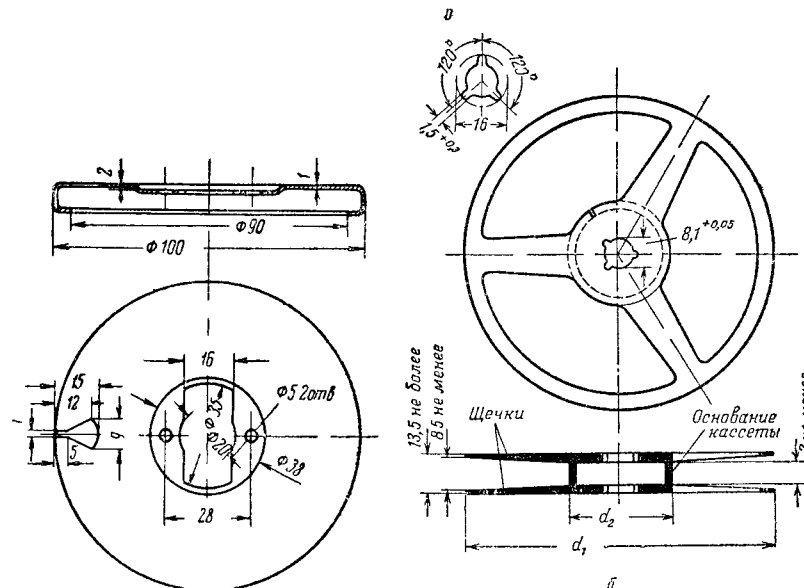


Рис. 48

Общий вид стандартной кассеты приведен на рис. 48, б.

Кассеты этого типа просты в производстве, распространены во многих странах и рекомендованы к применению при международном обмене записями, произведенными на низких скоростях движения ферромагнитной ленты.

Стандартом предусмотрены в зависимости от емкости несколько размеров кассет. Основные размеры стандартных кассет должны соответствовать данным, указанным в табл. 5.

Согласно стандарту кассеты можно изготавливать из полистирола, дюралюминия или комбинированные (втулка из пластмассы, щечки из дюралюминия).

При изготовлении кассет или бобышек следует помнить, что их радиальное биение может привести к изменению скорости движения звуконосителя. Допустимое биение основания кассеты, приведенной на рис. 48, б, не должно превы-



Таблица 5

№ кассет	Емкость кассеты, <i>м</i>	<i>d</i> <sub>1</sub> , <i>мм</i>		<i>d</i> <sub>2</sub> , <i>мм</i>	<i>d</i> <sub>3</sub> , <i>мм</i> (не менее)	Вес, <i>г</i> (не более)
		номинальный	дополнительное отклонение			
25	700	250	+1	90	70	200
22	500	220	+1	90	70	150
18	350	178	+1	90	60	125
15	250	147	+1	90	60	100
13	200	127	+1	90	45	70
10	100	100	+1	90	34	60
7,5	50	75	+1	75	34	40

шать 0,2 *мм*. Осевое биение края кассеты допускается не более 0,5 *мм*. Конусность внешней поверхности основания кассеты должна быть не более 0,1 *мм*. Форма отверстия внутри основания кассеты определяется шпинделем подтарельника.

Отверстия в щечках кассеты предназначены для наблюдения за количеством записанной ленты и для облегчения ее заправки.

На обеих сторонах кассеты наклеивают этикетки для надписи и наносят шкалы минут для различных скоростей ленты, на некоторые кассеты наносят метки, соответствующие числу метров ленты. Кроме того, должны быть обозначены номера сторон кассет, что особенно важно для двухдорожечной записи.

Закрепление внутреннего конца ленты в кассетах и в бобышках обычно осуществляется за счет узкой щели в основании или за счет специального штыря.

Наряду со стандартными кассетами имеют некоторое распространение кассеты с формой отверстия во втулке такой же, как у стандартной бобышки.

Применение того или иного размера кассеты ограничивается мощностью двигателя лентопротяжного механизма, а также габаритами магнитофона.

Таблица 6

Емкость кассеты, <i>м</i>	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Скорость движения звуконосителя, <i>мм/сек</i>	Продолжительность непрерывного звучания в мин									
762	2	4	6,5	9	11	13	15	17	19,5	22
381	4	9	13	17	22	26	30	35	39	43
190,5	9	17	26	35	43	52	61	69	78	87
95,3	17	35	52	69	87	104	121	139	156	173
47,6	35	69	104	139	173	208	243	277	312	347

Из табл. 6 видно, в каких широких пределах меняется продолжительность непрерывного звучания в зависимости от емкости кассет и скорости движения ленты.

**Конструкции подтарельников.** В лентопротяжном механизме подающую и приемную кассеты или бобышки укрепляют на специальных подтарельниках, вращение которых осуществляется путем различных передач.

Рассмотрим несколько конструкций подтарельников, применяющихся в лентопротяжных механизмах. Подающие и приемные подтарельники имеют одинаковую конструкцию. На рис. 49, а приведена конструкция подтарельника, которая применяется в профессиональных магнитофонах. Подтарельник представляет собой диск, в центре которого для укрепления кассеты или бобышки расположен прижим специальной формы (замок), который может вращаться вокруг оси. Чтобы установить кассету или бобышку с лентой, прижим поворачивают таким образом, чтобы он совпадал с прорезью в кассете.

Вращение кассеты или бобышки ограничивается штырями Б, укрепленными на основании подтарельника, которые входят в отверстия в кассете. Затем прижим поворачивается на 90° и под действием пружины В плотно удерживает кассету на подтарельнике.

Если лента намотана на бобышку, то прежде чем укрепить ее, на подтарельник кладут диск, диаметр которого несколько превышает диаметр рулона ленты. Диск обычно выполняется из листового дюралюминия, органического стекла, текстолита,

эбонита и т. д. Толщина диска должна составлять примерно 1—2 мм. Диск не должен иметь перекосов.

Имеющиеся на подтарельнике штыри Г служат для предупреждения поворотов диска на подтарельнике. Эти штыри от-

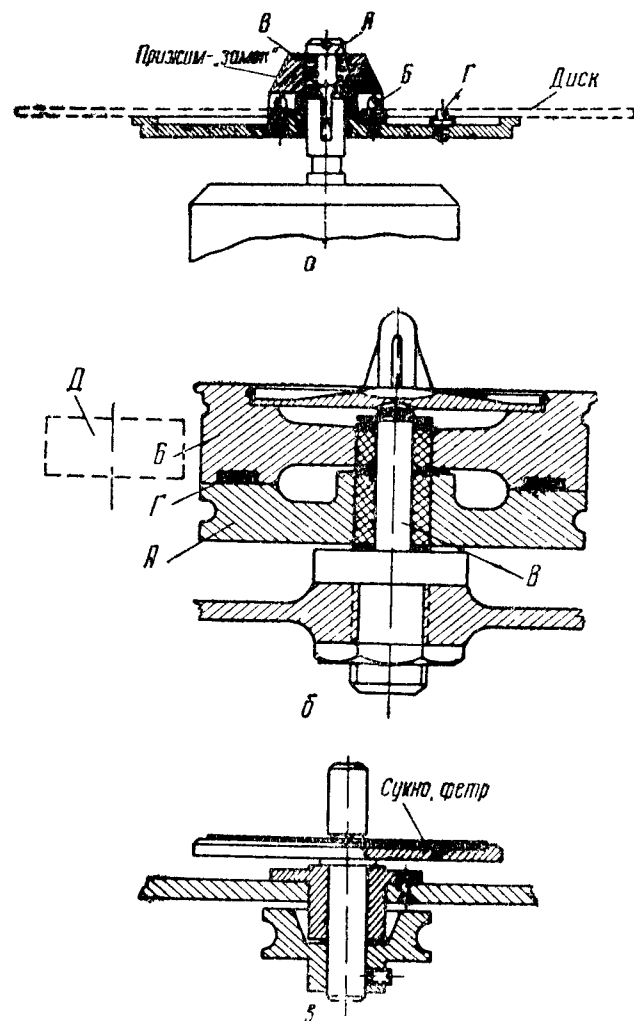


Рис. 49

сутствуют в тех случаях, когда подтарельник предназначен для укрепления кассеты.

На таком подтарельнике могут быть укреплены только кассеты, отверстия в центре которых имеют размеры и форму, соответствующие размерам стандартной бобышки.

На рис. 49, б показана еще одна конструкция подтарельника, предназначенного для закрепления стандартных кассет. Этот подтарельник выполнен в виде диска со штырем в центре, сечение которого совпадает с отверстием в центре кассеты. Сцепление кассеты с подтарельником осуществляется при помощи ребер на штыре.

В простейших магнитофонах-приставках применяется подтарельник, конструкция которого приведена на рис. 49, в.

Подтарельник представляет собой диск с цилиндрическим направляющим штырем. Кассета свободно кладется на подтарельник; сцепление ее с подтарельником осуществляется путем трения между кассетой и суконной или фетровой прокладкой, наклеенной на подтарельник. По мере подмотки ленты кассета проскальзывает относительно подтарельника.

Для увеличения сцепления подтарельника с кассетой на нее иногда кладут (сверху) грузик весом 100—150 г. Грузик представляет собой кольцо с отверстием в центре, диаметр которого равен диаметру штыря подтарельника.

**Конструкция узлов подмотки ленты.** В зависимости от схемы лентопротяжного механизма подтарельники могут крепиться либо непосредственно на осях боковых двигателей, либо на осях узлов подмотки и обратной перемотки.

В профессиональных трехмоторных лентопротяжных механизмах подтарельник закрепляется на оси двигателя при помощи специального цангового разъема (см. рис. 49, а). Подтарельник надевается на ось, и винт А, разжимая цангу, надежно закрепляет его.

Передача вращения на приемный подтарельник в большинстве одномоторных конструкций осуществляется резиновыми, пружинными или ременными пассиками, и узел подмотки представляет собой вращающуюся в подшипниках ось со шкивом для пассика. На оси укрепляется приемный подтарельник.

По мере подмотки ленты на приемную кассету, с увеличением диаметра подматываемого рулона, скорость вращения приемного подтарельника должна изменяться. Это может быть достигнуто проскальзыванием пассика относительно шкива приемного подтарельника; проскальзыванием приемного шкива относительно подтарельника; проскальзыванием кассеты относительно подтарельника.

В конструкции узла подмотки ленты, приведенной на рис. 50, ось с подтарельником вращается в подшипнике скольжения. На оси неподвижно укреплен шкив пассика. Размеры шкива, профиль его рабочей части, а также натяжение пассика подобраны так, что по мере подмотки ленты на кассету пассик проскальзывает относительно шкива.

Конструкция узла подмотки ленты, в которой по мере под-

мотки ленты происходит проскальзывание шкива относительно оси подтарельника, показана на рис. 49, б.

Шкив *А* и подтарельник *Б* свободно вращаются на оси *В*, укрепленной на основной панели магнитофона. На поверхности шкива имеется проточка, форма которой соответствует профилю применяемого пассика. Сцепление шкива с подтарельником осуществляется путем трения между шкивом и подтарельником.

Для увеличения трения на подтарельник в местах соприкосновения его со шкивом наклеивается фетровое кольцо *Г*. Размеры фетрового кольца выбираются таким образом, чтобы по мере подмотки ленты на приемную кассету происходило проскальзывание шкива *А* относительно подтарельника. Ускоренная перемотка в магнитофонах с подобной конструкцией узла подмотки ленты осуществляется, как правило, промежуточным роликом *Д*, который в данном режиме прижимается к боковой поверхности подтарельника, осуществляя тем самым жесткую передачу между ведущим двигателем и подтарельником.

Примером узла подмотки с проскальзыванием кассет является конструкция, приведенная на рис. 49, в.

Сравнивая различные конструкции узлов подмотки ленты одномоторных лентопротяжных механизмов, нужно отметить следующее:

1) наиболее совершенной и широко применяемой в массовых магнитофонах является конструкция, приведенная на рис. 49, б. Эта конструкция сравнительно проста и позволяет удобно регулировать силу сцепления шкива с подтарельником. Качество подмотки ленты при этом получается довольно высоким;

2) в конструкции, показанной на рис. 50, качество подмотки в значительной мере определяется степенью натяжения пассика. Пассики с течением времени могут вытягиваться и качество подмотки будет снижаться (усложнится регулировка лентопротяжного механизма и т. д.). Такая конструкция применяется реже;

3) конструкция, изображенная на рис. 49, в, дает несколько худшие результаты, но благодаря простоте находит применение в простейших любительских магнитофонах и магнитофонах-приставках.

Кроме рассмотренных конструкций, небезынтесен узел подмотки с муфтой сцепления, позволяющей либо осуществить жесткую связь шкива с подтарельником, либо работать с «проскальзыванием».

Наряду с механическими муфтами сцепления находят все более широкое применение электромагнитные муфты. Одна из конструкций узлов подмотки с использованием электромагнитной муфты приведена на рис. 51.

Этот узел подмотки напоминает конструкцию узла подмотки, приведенную на рис. 49, б. Отличие состоит в том, что между вращающимся подтарельником *А* и шкивом *Б* расположена катушка электромагнита *В*. В подтарельник *А* впрессовывается стальной цилиндр *Г* и наклеиваются кольца — фетровое *Д* и резиновое — *Е* (см. рис. 51).

На вращающемся шкиве *Б* расположено стальное кольцо *Ж*. Жесткая связь между ними обеспечивается при помощи

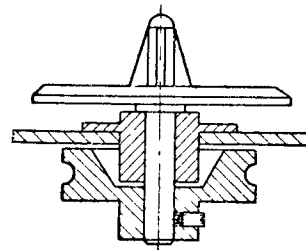


Рис. 50

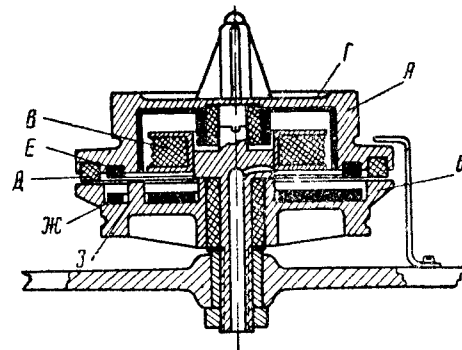


Рис. 51

штырей *З*, расположенных на шкиве. Стальное кольцо *Ж* может перемещаться вверх или вниз по штырям *З*.

В режиме записи или воспроизведения катушка электромагнита обесточена. Вращение от ведущего двигателя при помощи пассика передается шкиву *Б*. Для увеличения сцепления подтарельника *А* со шкивом *Б* служит фетровое кольцо *Д*. По мере подмотки ленты на приемную кассету происходит проскальзывание шкива относительно подтарельника.

В режимах ускоренных перемоток включается электромагнит соответствующего подтарельника. При этом стальное кольцо *Ж* подтягивается к цилиндру *Г* и резиновому кольцу *Е*. Передача усилия от шкива через штыри *З*, стальное кольцо *Ж* и резиновое кольцо *Е* передается подтарельнику. Таким образом осуществляется жесткая связь шкива *Б* с подтарельником.

**Конструкция узлов обратной перемотки ленты.** Во многих лентопротяжных механизмах конструкция узла обратной перемотки ленты однотипна с конструкцией узла подмотки (например, в трехмоторных лентопротяжных механизмах, в механизмах, выполненных по кинематическим схемам, — рис. 27, 28 и т. д.).

Вращение к узлам обратной перемотки может быть осуществлено при помощи пассиков. Однако в одномоторных

конструкциях для этой цели чаще применяются фрикционные передачи. При обратной перемотке ленты не требуется изменения скорости вращения оси подтарельника по мере подмотки ленты, так как приемная кассета может только слегка притормаживаться и скорость движения ленты при обратной перемотке может меняться. Для более плотной намотки ленты необходимо также, чтобы передача вращения осуществлялась без проскальзывания. Этим и объясняется то, что передача вращения узлам обратной перемотки в основном осуществляется при помощи фрикционов. Кроме того, в некоторых случаях узлы управления лентопротяжным механизмом могут быть выполнены более просто, чем при передаче вращения узлу обратной перемотки при помощи пассивных.

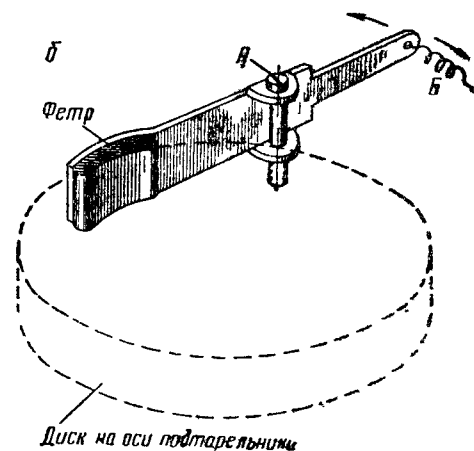
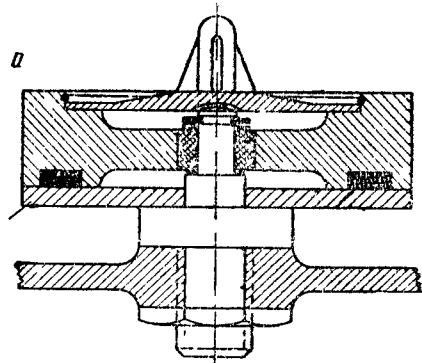


Рис. 52

ся за счет трения между подтарельником и неподвижно укрепленным шкивом А.

Для увеличения трения, так же как и на узле подмотки ленты, служит фетровое кольцо, наклеенное на подтарельник.

Одна из конструкций узла обратной перемотки, вращение которого осуществляется фрикционной передачей, показана на рис. 52,а. Эта конструкция аналогична узлу подмотки ленты, приведенному на рис. 49,б. Отличие состоит в том, что шкив А неподвижно закреплен на оси подтарельника; подтарельник одновременно служит и шкивом фрикционной передачи.

Натяжение ленты при режимах записи и воспроизведения и ускоренной перемотки вперед осуществляет

В некоторых конструкциях узлов обратной перемотки подтарельник и шкив закреплены на оси, которая свободно вращается в подшипнике.

Натяжение ленты осуществляется притормаживанием шкива специальным прижимом.

Одна из конструкций такого устройства приведена на рис. 52, б. Она представляет собой пластинку, на конце которой укрепляется кусок фетра или кожи. Пластинка может вращаться на оси А. При рабочем ходе с помощью специальных рычагов, тросиков или электромагнита пластинка прижимается к диску фрикциона подающего узла и притормаживает его. При обратной перемотке под действием пружины В пластинка отжимается от диска фрикциона.

### УЗЛЫ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ

В одномоторных лентопротяжных механизмах усилие от двигателя к ведущей оси и узлам подмотки и обратной перемотки осуществляется за счет узлов передачи вращения. В качестве передач могут применяться ременные, фрикционные передачи с системой шкивов, паразитных роликов, промежуточных роликов и различных муфт. Значительно реже, в основном в репортажных магнитофонах, используются шестеренчатые передачи.

В одномоторных лентопротяжных механизмах применяются передачи с жесткими и мягкими механическими характеристиками.

По аналогии с двигателями будем называть жесткой такую передачу, в которой при возрастании момента на ведомой оси скорость ее вращения будет оставаться практически постоянной; при мягких передачах с увеличением момента на ведомой оси скорость ее вращения уменьшается.

Смягчение механической характеристики передачи достигается обычно либо применением различных муфт, либо проскальзыванием пассива ременной передачи.

**Передача вращения при помощи ременной передачи.** Система передачи вращения в этом случае состоит из ведомого и ведущего шкивов, укрепленных на соответствующих осях, и пассива — бесконечного ремешка, выполненного из кожи, резины, различных сортов пластмасс или бесконечной спиральной пружины. Применяя шкивы различных диаметров, можно, меняя передаточное число, изменять число оборотов ведомой оси.

Такие передачи в основном используются для передачи вращения к узлу подмотки ленты, для передачи вращения к промежуточным роликам, к различным счетчикам, показывающим количество ленты на кассетах, и т. д.

Диаметр пассивов обычно выбирается в пределах 2÷6 мм.

Ведомые и ведущие шкивы изготавливают из дюралюминия, различных пластмасс, латуни, стали и т. д. Крепят шкивы, как правило, на осях стопорными винтами.

Профиль рабочей поверхности шкива может быть полукруглым, трапециoidalным, треугольным в зависимости от сечения и назначения применяемого пассика.

Наибольшее распространение получил круглый пассив. Раньше пассивы выполнялись из кожи или резины. Недостатком кожного пассива является то, что в месте сшивки пассива всегда имеется некоторое утолщение, резиновый же пассив со временем вытягивается, трескается и т. д. Поэтому в последнее время в большинстве массовых магнитофонов используют пассивы, изготовленные из различных сортов пластмасс. Такие пассивы не имеют утолщений в местах стыка, не вытягиваются и долго служат.

В некоторых лентопротяжных механизмах, например, в механизме, показанном на рис. 29, необходимо выполнить ре-

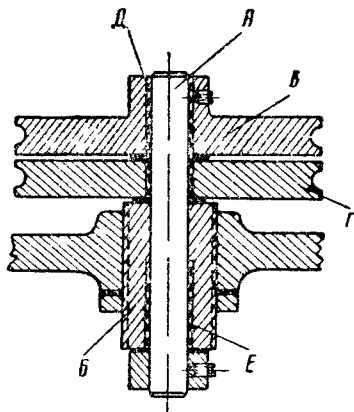


Рис. 53.

менную передачу таким образом, чтобы при изменении направления вращения ведущего двигателя прекратилась передача усилия на тот или иной узел лентопротяжного механизма. Это может быть достигнуто путем применения в системе передачи специального промежуточного узла, который иногда называют «механическим детектором». Одна из таких конструкций приведена на рис. 53.

«Механический детектор» представляет собой ось *A*, вращающуюся в подшипнике *Б*, на котором неподвижно закреплен шкив *В* и свободно вращающийся шкив *Г*. В конструкции имеются также две цилиндрические пружины *Д* и *Е*, установленные таким образом, как показано на рисунке.

Направление намотки пружин выбирается противоположным и таким, чтобы в случае, когда необходимо передать вращение какому-либо узлу, ось *A* стремилась развернуть пружину *Д* и тем самым осуществить жесткую связь между шкивами *В* и *Г*, и одновременно свернуть пружину *Е*, обеспечив тем самым вращение оси в подшипнике *Б*. При изменении направления вращения двигателя пружина *Е* стопорит ось *A* в подшипнике *Б*, а пружина *Д* обеспечивает проскальзывание шкива *Г* относительно шкива *В*.

**Фрикционные передачи вращения.** При использовании фрикционных передач движение в них в большинстве случаев передается от двигателя на тот или иной узел при помощи паразитных роликов. Остановимся на особенностях таких передач. Они должны быть выполнены так, чтобы паразитные ролики работали на заклинивание. В этом случае будет достигнуто их наилучшее сцепление с ведущим и ведомым шкивами.

Существенное значение для плавной передачи имеет подвижность паразитных роликов, благодаря чему обеспечивается их самоустановка.

Материалы, из которых изготавливаются фрикционные передачи, должны обладать достаточно высоким коэффициентом трения (чтобы избежать необходимости больших усилий прижатия), высокой износостойкостью и достаточной упругостью.

Ведущие шкивы фрикционов выполняются обычно из более износостойчивого материала. Ведомые или промежуточные шкивы фрикционов лентопротяжных механизмов изготавливают из дюралюминия, пластмасс или стали с обрешиненной поверхностью. Для ведущих шкивов могут быть использованы сталь, дюралюминий и т. п.

Резиновая поверхность ведомого шкива или паразитного ролика повышает потери из-за некоторой деформации, но создает необходимую плавность и бесшумность в работе.

**Шестеренчатые передачи.** Вращение различных узлов лентопротяжного механизма может быть также осуществлено посредством зубчатых (шестеренчатых) передач. Однако такие передачи применяются очень редко (только в магнитофонах с пружинным приводом). Объясняется это тем, что в зубчатых передачах очень трудно устранить люфт, который создает неравномерность движения ленты.

При конструировании подобных передач необходимо правильно выбрать материал для шестеренок, систему смазки и т. п. Наряду со стальными шестернями для уменьшения шума применяют текстолитовые шестерни (прямозубые и косозубые).

Основные преимущества зубчатых передач — компактность, малые потери, высокая долговечность и надежность работы, неизменность передаточного числа.

К недостаткам относятся шум, создаваемый ими во время работы, меньшая равномерность вращения осей, приводящая к детонации звука, необходимость высокой точности их выполнения и т. д.

Следует отметить, что в качестве подшипников в передачах вращения используются подшипники скольжения. Материалом для таких подшипников обычно служит бронза. Однако в последнее время широкое применение находят под-

шипники скольжения, использующие специальные пористые материалы, или графитовые самосмазывающиеся подшипники.

**Управление передачей вращения.** Известно, что в зависимости от режима работы необходимо вращение либо приемной, либо подающей кассеты. Такая поочередность вращения в трехмоторных лентопротяжных механизмах достигается переключением двигателей, а в одномоторных — посредством

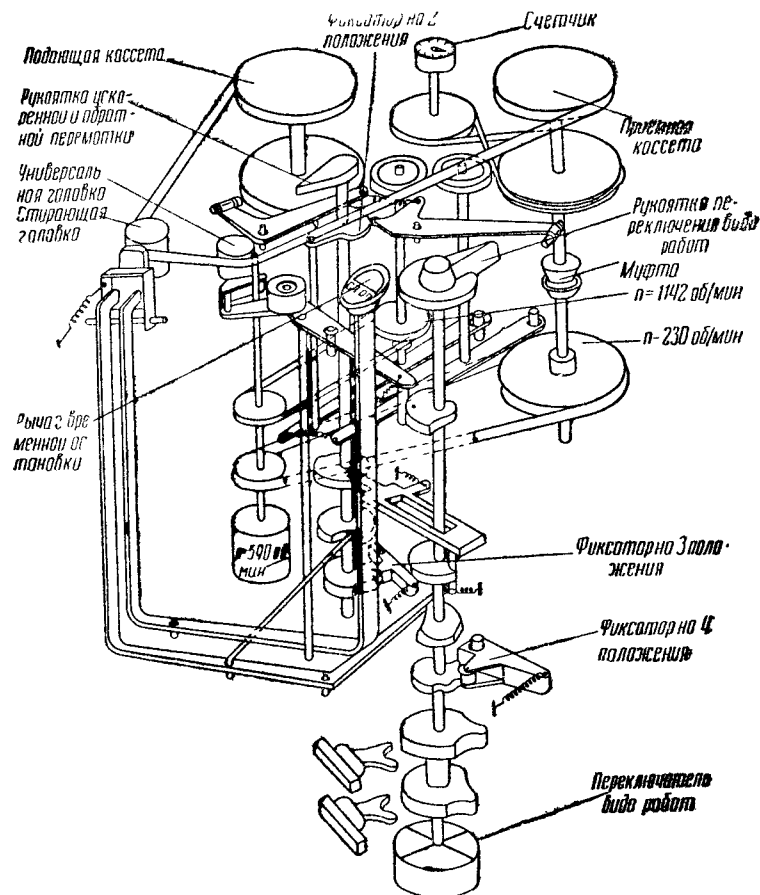


Рис. 54

системы рычагов или тросиков, управляющих муфтами сцепления, муфтами изменения направления вращения, паразитными роликами и т. п.

В качестве примера выполнения передач вращения и управления ими на рис. 54 приведена полная пространственная

кинематическая схема одного из массовых одномоторных магнитофонов, выполненная по схеме рис. 28 (взаимодействие отдельных узлов лентопротяжного механизма было разобрано выше).

Управление магнитофоном осуществляется двумя ручками, на осях которых укреплены распределительные кулачки, приводящие в действие систему рычагов. Ручка — переключатель рода работы имеет следующие положения: 1. Двигатель выключен. 2. Перемотка ускоренная. 3. Запись. 4. Воспроизведение.

Средняя ручка предназначена для ускоренной перемотки «Вперед» и «Обратно» и может переключаться только в том случае, если ручка — переключатель рода работы установлена в положение «Перемотка».

### СТАБИЛИЗАТОРЫ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЗВУКОНОСИТЕЛЯ

Для увеличения равномерности движения звуконосителя иногда применяется механическая система стабилизации скорости его движения — стабилизирующий фильтр. Сохраняя постоянной среднюю скорость движения звуконосителя, стабилизирующий фильтр может существенно уменьшить переменную составляющую этой скорости. Он состоит из ролика, сидящего на одной оси с маховиком с большой массой, свободно вращающегося в подшипниках. Поверхность ролика, соприкасаясь со звуконосителем за счет массы маховика, сглаживает быстрые колебания, возникающие при движении звуконосителя.

Чем выше частота колебаний скорости движения звуконосителя, тем эффективнее работает такой стабилизатор. Поэтому он, как правило, применяется в тех конструкциях, где возможно возникновение детонации второго рода (высокочастотной). Высокочастотная детонация возникает тогда, когда ведущая ось имеет скорость вращения выше 600 об/мин, т. е. применяется высокоскоростной двигатель с непосредственным креплением на его оси ведущей оси.

Стабилизирующий фильтр должен быть выполнен с очень высокой точностью, в противном случае он не только не сгладит колебаний скорости звуконосителя, но может существенно увеличить их. Поэтому стабилизирующий фильтр лучше не ставить, если стабилизирующий ролик трудно выполнить с большой точностью, и в тех случаях, когда ведущая ось является источником низкочастотной детонации.

В современных массовых магнитофонах с низкими скоростями движения звуконосителя стабилизирующие фильтры, как правило, не применяются.

Рассмотрим несколько конструкций стабилизирующих фильтров, которые могут быть применены в аппаратах, где возможно возникновение высокочастотной детонации.

Одна из конструкций стабилизирующего фильтра показана на рис. 55,а. В конструкции стабилизирующего фильтра желательно использовать подшипники качения, так как коэффициент трения у них меньше и более стабилен, чем у подшипников скольжения. В стабилизирующем фильтре, как и в прижимном ролике, нужно применять специальные подшипники качения небольших размеров, подобные тем, которые используются в различных гиросприборах. Шум от таких подшипников обычно незначителен. При отсутствии специальных подшипников качения стабилизирующий фильтр может быть выполнен и на подшипниках скольжения (рис. 55,б).

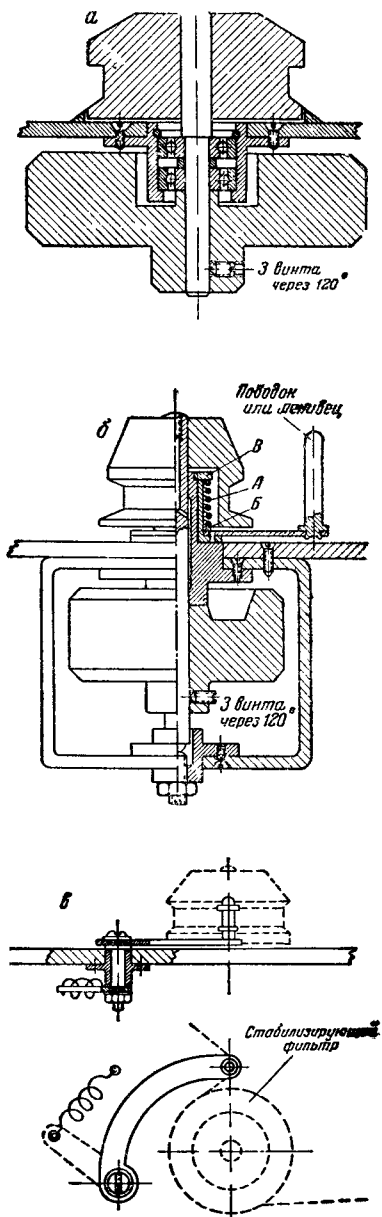


Рис. 55

Изготавливается стабилизирующий фильтр по второму классу точности. Допустимый эксцентриситет ролика, оси и люфта в подшипнике не должен превышать 30 микрон. Рабочая поверхность ролика требует тщательной обработки. Ролик можно изготавливать из латуни, дюралюминия и стали. Желательно использовать диамагнитные материалы; в противном случае ролик при случайном прикосновении к нему намагниченных предметов (например, отвертки) сам может намагнититься, а это приведет к увеличению шумов ленты. Диаметр стабилизирующего ролика обычно выбирается в пределах не менее 30—50 мм, так как лента должна соприкасаться с ним на возможно большей площади. Маховик выполняется из

стали, латуни и т. п. Его необходимо тщательно балансировать.

Следует обратить внимание еще на одну деталь конструкции стабилизирующего ролика. Как видно из рис. 55,б, на основании верхнего подшипника свободно вращается втулка с рычагом, на котором укреплен так называемый поводок, или лентец. Благодаря спиральной пружине А, закрепленной одним концом во втулке поводка, а другим в гайке В, поводок, стремится отклониться в одно из крайних положений.

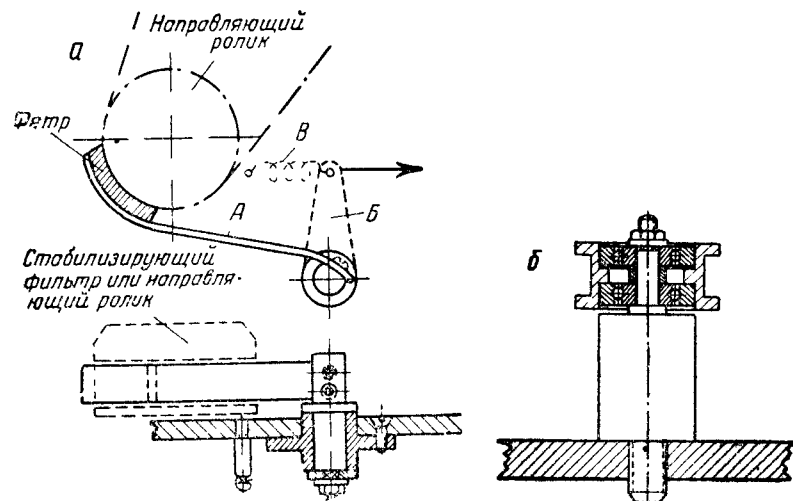


Рис. 56

Поводок служит для того, чтобы «выбирать» петли ленты, осуществлять более постоянное ее натяжение и сглаживать толчки, возникающие по каким-либо причинам в подающей кассете (особенно при пуске). Кроме того, поводок обеспечивает наибольшую площадь соприкосновения ленты со стабилизирующим роликом, независимо от количества ленты на подающей кассете.

В некоторых конструкциях стабилизирующих фильтров (рис. 55,а) поводок может выполняться в виде самостоятельного узла, конструкция которого приведена на рис. 55,в. Поводок ставится не только между стабилизирующим роликом и подающей кассетой, но и между прижимным роликом и приемной кассетой. Функции его при этом остаются прежними.

Для устранения биения подающей кассеты нужно, чтобы узел обратной перемотки ленты не участвовал в работе при рабочем ходе. При этом натяжение ленты осуществляется с помощью притормаживающего устройства (см. рис. 24).

Конструктивно такое устройство может быть выполнено, как показано на рис. 56,а.

При рабочем ходе лента прижимается к поверхности направляющего ролика кусочком фетра, укрепленным на пружине А, — это обеспечивает ее натяжение. Пружина А прижимается к поверхности направляющего ролика под действием силы электромагнита, тросиком или рычагом управления, воздействующим на рычаг В.

При выключении лентопротяжного механизма пружина А отжимается от направляющего ролика пружиной В. Такое притормаживающее устройство устанавливается на месте стабилизирующего фильтра, если он не применяется в данной конструкции, или же на участке подающая кассета — стабилизирующий фильтр (при наличии последнего).

Для устранения продольных колебаний с частотами 2000—4000 гц, вызывающих модуляционные шумы, применяется антишумовой ролик (рис. 24). Одна из конструкций антишумового ролика показана на рис. 56,б.

Ролик устанавливается между головками записи и воспроизведения. Подшипники качения, применяемые для антишумового ролика, должны быть такие же, как подшипники, используемые для стабилизирующих фильтров.

### УСТАНОВКА МАГНИТНЫХ ГОЛОВОК

Магнитные головки работают в достаточно сильных магнитных полях, возникающих за счет рассеяния двигателей лентопротяжного механизма, силовых трансформаторов и дросселей. Поэтому магнитные головки приходится тщательно экранировать. Кроме того, для нормальной работы магнитофона необходимо правильное взаимодействие звуконосителя с головками. Последнее состоит в том, что рабочие щели магнитных головок должны быть расположены строго перпендикулярно направлению движения звуконосителя и, кроме того, щели головок записи и воспроизведения должны быть строго параллельны между собой. Как уже было показано, даже незначительный перекося между щелями головок записи и воспроизведения приводит к значительному завалу частотной характеристики при воспроизведении в области высоких частот.

Для правильной установки рабочих зазоров магнитные головки укрепляются на специальных подставках, наклон которых можно регулировать. Звуконоситель при прохождении над щелями магнитных головок не должен отклоняться в стороны.

Для устранения перекося звуконосителя в непосредственной близости от головок записи и воспроизведения устанавливаются боковые ограничивающие колонки.

Наряду с выше рассмотренными требованиями звуконоситель должен иметь очень хороший контакт с головкой. Неплотное прилегание звуконосителя к головкам приводит к резкому завалу частотной характеристики в области высоких частот, а также к появлению модуляционных шумов. Это особенно существенно сказывается при низких скоростях движения звуконосителя, так как при этом длина волны записи на высоких частотах становится очень малой.

Чтобы звуконоситель плотно прилегал к головкам, в массовых аппаратах, работающих на низких скоростях, ферромагнитная лента прижимается к головкам специальными прижимами.

Для увеличения срока службы головок во время ускоренных перемоток звуконосителя как в прямом, так и в обратном направлениях ферромагнитная лента не должна соприкасаться с головками. Это достигается благодаря специальным колонкам, которые при вышеуказанных режимах отводят звуконоситель от головок.

Расположение магнитных головок, направляющих и отводящих колонок, прижимов и т. д. должно быть таким, чтобы обеспечивалась легкая заправка звуконосителя.

Рассмотрим подробнее конструкции отдельных элементов, обеспечивающих необходимую установку магнитных головок.

#### Экранировка магнитных головок.

Внешние магнитные поля двигателей, трансформаторов и т. д. наводят в магнитных головках переменную ЭДС, частота которой лежит в диапазоне 50—200 гц и прослушивается в виде фона. Наиболее чувствительна к внешним магнитным полям воспроизводящая головка, так как она работает при слабых сигналах. Для устранения воздействия этих полей головки, как уже отмечалось, приходится экранировать. Экран выполняется в виде цилиндра с крышкой, в боковой поверхности которого

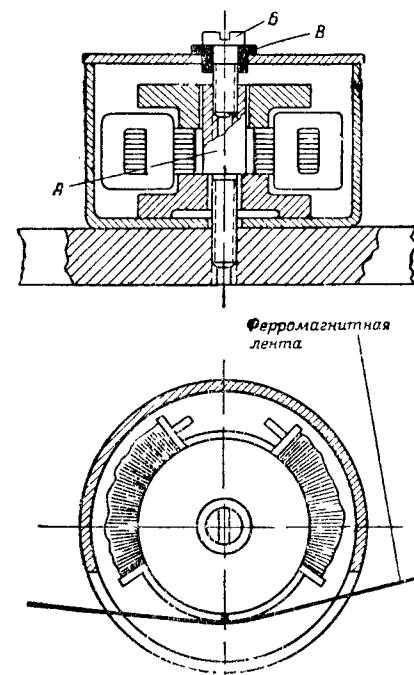


Рис. 57



имеется окно для движения ленты. Экраны изготавливаются из магнитных материалов (пермаллоя, мягкой стали и т. п.) Толщина экрана 0,5—1,5 мм. Лучше всего экран выдавить, но пермаллой плохо поддается такой обработке, поэтому экран из пермаллоя проще сварить. Экран отжигают при температуре 700—1000° с выдержкой в течение двух-трех часов, а затем постепенно охлаждают (4—5 час.). Отжиг желает

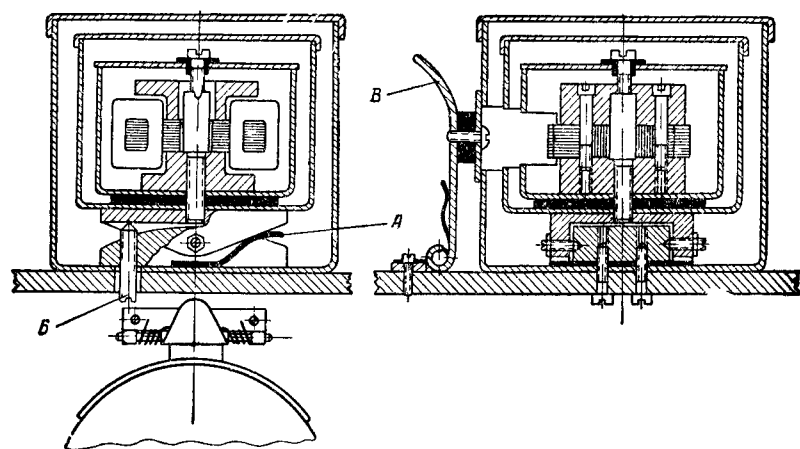


Рис. 58

тельно производить в вакууме или водороде, а в крайнем случае — в асбесте или песке.

Конструкция экрана для типовой воспроизводящей и записывающей головок, а также способ его крепления на основной панели лентопротяжного механизма показаны на рис. 57.

Окно в экране не должно мешать движению ленты. Головки в экранах крепятся к основной панели винтом А. В верхней части винта А нарезается резьба, в которую ввинчивается винт, прижимающий крышку к основанию экрана.

Крышка экрана не должна иметь электрического контакта с винтом, крепящим головку. Для этого на винт В, крепящий крышку, надевают эбонитовую или текстолитовую втулку В. Отсутствие такой втулки увеличивает уровень фона из-за короткозамкнутого витка, который образуется стенкой экрана, его крышкой и винтом крепления головки.

Одинарный экран полностью не устраняет влияния внешних полей, особенно на воспроизводящую головку. Поэтому ее приходится дополнительно экранировать, применяя для этого двойные и даже тройные экраны, расположенные один в другом.

Конструкция тройного экрана воспроизводящей головки приведена на рис. 58.

Экраны изолируют друг от друга эбонитовыми, гетинаксовыми или прессшпановыми прокладками. Для уменьшения фона окно для движения ленты закрывается дополнительным экраном. При зарядке лентопротяжного механизма ферромагнитной лентой дополнительный экран можно отводить от основного.

Экранировать нужно не только записывающую и воспроизводящую, но и стирающую головку, по обмоткам которой проходит высокочастотный ток от генератора стирания. Конструкция экрана стирающей головки аналогична экрану, изображенному на рис. 57, однако он выполняется из меди, латуни или алюминия, так как экранирующее действие пермаллоя проявляется только на низких частотах.

**Устройства для установки рабочих зазоров магнитных головок.** Рабочие зазоры воспроизводящих и записывающих головок должны быть строго параллельны между собой и перпендикулярны направлению движения ленты. Точность установки параллельности рабочих зазоров головок должна достигать 10'. Для этого головки обычно укрепляют на качающемся основании на специальных подставках, наклон которых можно регулировать (рис. 58). Пружина А стремится наклонить основание в крайнее верхнее правое положение. Регулируя винт В, можно менять наклон головки.

Более простая конструкция такой подставки показана на рис. 59, а. Подставка представляет собой пластину из бронзы или стали, закрепленную на одном конце и отогнутую немно-

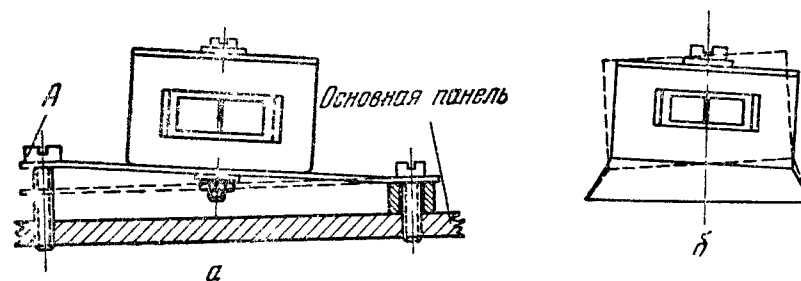


Рис. 59

го вверх. Регулируя винт А, можно менять наклон головки и рабочего зазора. В некоторых конструкциях лентопротяжных механизмов первых выпусков наклон рабочего зазора головки регулировался клиновидной шайбой (рис. 59, б), на которой укреплялась головка на основании лентопротяжного механизма. Клиновидная шайба дает два наклона (в гори-

зонтальной и вертикальной плоскостях) Это вызывает плохое соприкосновение головок со звуконосителем.

**Направляющие колонки, ролики и прижимы.** Ферромагнитная лента должна перемещаться по рабочим зазорам головок без перекосов, должна прилегать ко всей рабочей поверхности головки и иметь с ней хороший контакт.

В магнитофонах с однокорректной записью ферромагнитная лента должна соприкасаться с головкой по всей ее высоте. При двухкорректной записи головки устанавливаются таким образом, чтобы рабочая щель была расположена

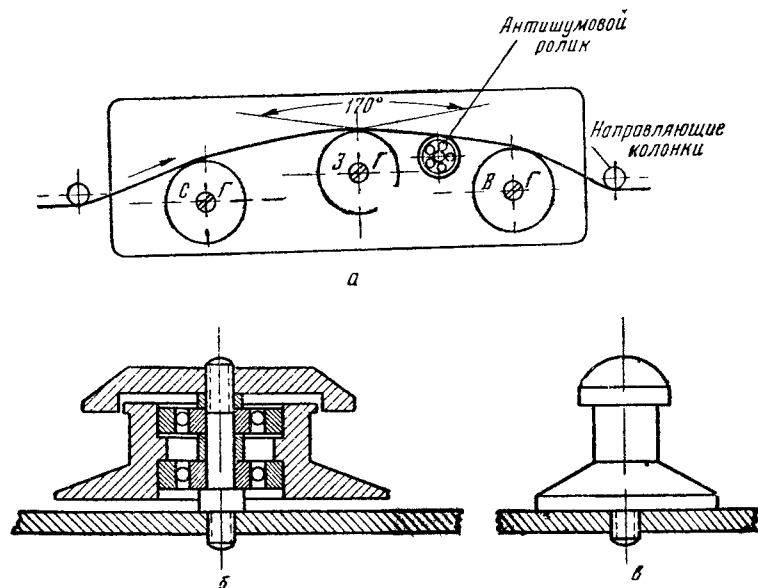


Рис. 60

с края ленты. В случае применения одной универсальной головки переход с дорожки на дорожку производится переворачиванием кассеты с лентой на  $180^\circ$ .

В магнитофонах с двухкорректной записью при наличии реверсивного ведущего двигателя имеются, как правило, две универсальные головки, которые устанавливаются на разной высоте; или же применяется одна универсальная головка с приспособлением, позволяющим поднимать или опускать головку на заданную высоту в зависимости от того, какая дорожка используется в данный момент.

В аппаратах с высокими скоростями движения звуконосителя прижимы не применяются и головки устанавливаются таким образом, чтобы угол обгибания головки с лентой со-

ставлял около  $170^\circ$ . Чтобы обеспечить этот угол для всех трех головок, записывающую головку нужно немного выдвинуть вперед (рис. 60,а). С этой же целью употребляют направляющие колонки или ролики (рис. 60,б,в), которые также устраняют перекоз ленты при транспортировке. В отличие от направляющего ролика рабочая поверхность колонки не вращается.

Подшипники качения направляющего ролика выбираются такими же, как в прижимном и стабилизирующем роликах.

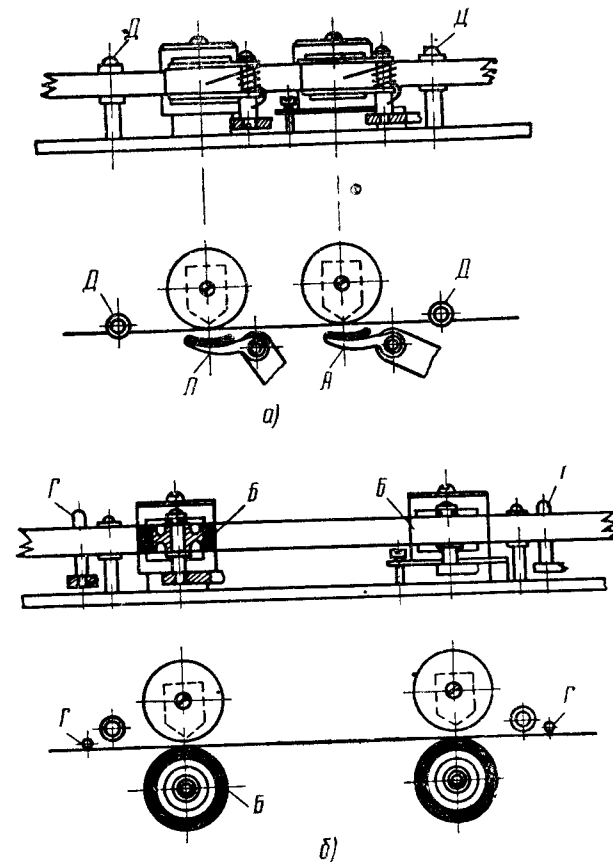


Рис. 61

Направляющие колонки во избежание износа должны быть выполнены из твердого материала (бериллиевой бронзы, стали и т. п.). Материалом для направляющих роликов может служить латунь, дюралюминий и т. п.

В аппаратах, использующих скорости движения ленты 95,3 и 47,6 мм/сек, для записи достаточно широкой полосы частот обязательно следует применять прижимы. Прижим представляет собой пластинку *А* с наклеенным на нее кусочком фетра, или же вращающийся ролик *Б*, поверхность которого выполнена из губчатой резины (рис. 61,а, б).

Как пластина, так и ролик в режиме записи и воспроизведения при помощи системы рычагов прижимают звуконоситель к щели головки, обеспечивая тем самым хороший контакт звуконосителя и головки. В режимах ускоренных перемоток и при выключении магнитофона прижимы отходят от головок.

В массовых магнитофонах магнитные головки устанавливаются на подставки для регулировки щели; подставки укрепляются на основной панели лентопротяжного механизма. Сверху головки система прижимов и ведущая ось с прижимным роликом закрываются съемным кожухом, имеющим щель для заправки ленты. Кожух наряду с защитой магнитных головок от случайных внешних повреждений и загрязнения является также декоративным элементом. Он выполняется из различных сортов пластмасс или штампуется из дюралюминия.

Очень часто головки с качающимися подставками укрепляют не на основной панели лентопротяжного механизма, а заключают их в общий съемный корпус — блок головок.

Блок головок крепится к основной панели лентопротяжного механизма винтами. Головки могут крепиться либо к крышке блока, либо к его основанию. В блоке головок укреплен штепсельный разъем, через который осуществляется электрическое соединение магнитных головок с усилительным устройством. Блок головок отливается или фрезеруется из легкого материала (дюралюминий, силумин).

Одна из конструкций блока головок, применяемая в промышленных профессиональных магнитофонах, дана на рис. 62. Крепление головок в блоке удобно с точки зрения эксплуатации (сняв блок, можно легко осуществить чистку и смену головок). Чтобы избежать перекоса ленты в лентопротяжных механизмах, где кассеты расположены в двух плоскостях, блок головок устанавливают наклонно на основной панели.

Большую часть времени лентопротяжный механизм работает в режиме воспроизведения, поэтому в некоторых конструкциях (рис. 61,б) предусмотрена система рычагов, на которых укрепляются направляющие колонки *Г*, позволяющие в режиме воспроизведения отодвигать ленту от стирающей и записывающей головок, а в режиме ускоренных перемоток — и от воспроизводящей.

В других аппаратах (рис. 61,а) направляющие колонки *Д* устанавливаются с таким расчетом, чтобы звуконоситель не имел непосредственного контакта с головками, то есть между головками и звуконосителем остается воздушный промежуток величиной 0,5—1 мм

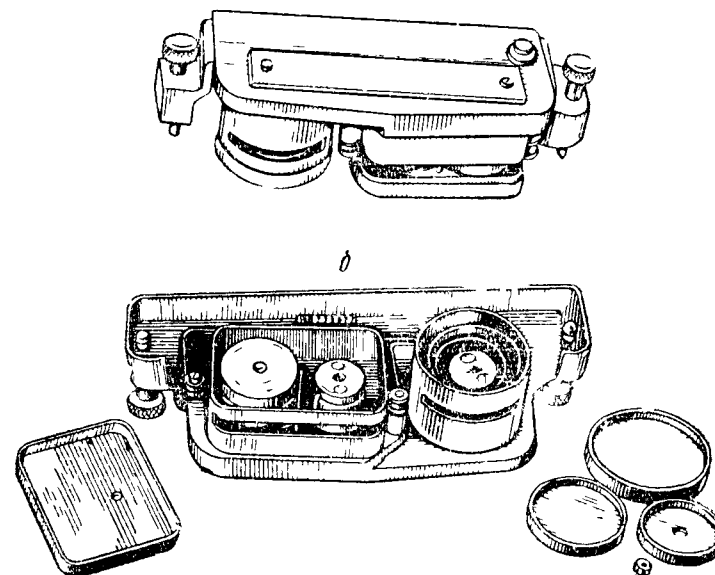


Рис 62

В режимах ускоренных перемоток звуконоситель перемещается около головок, не изнашивая их; в режиме записи прижимы обеспечивают контакт звуконосителя как с головкой стирания, так и с универсальной головкой; при воспроизведении ферромагнитная лента прижимается только к универсальной головке

## ТОРМОЗА

При простом обесточивании лентопротяжного механизма роторы двигателей и другие детали по инерции продолжают вращаться. Рулон ленты при этом раскручивается, и лента путается, образует петли. Особенно это сказывается при ускоренной перемотке ленты в прямом и обратном направлениях в лентопротяжных механизмах с высокими скоростями движения ленты. Поэтому такие механизмы снабжают специальными устройствами — тормозами, которые при выключении

чении лентопротяжного механизма обеспечивают остановку ленты независимо от направления ее движения (при такой остановке ленты не образуется петель и обрывов).

Достигается это тем, что при выключении двигателей специальное устройство тормозит тот подтарельник или кассету, с которой при данном режиме сматывается лента. Наматывающий подтарельник или кассета останавливаются натяжением ленты. При этом исключается образование петель.

Для устранения обрывов прижимной ролик при выключении отжимается от ведущей оси.

Торможение может быть осуществлено механическим, электромеханическим и электрическим способами.

Механический тормоз аналогичен устройству, используемому для натяжения ленты (см. рис. 52, б). Во время остановки лентопротяжного механизма при помощи рычагов или тросиков фетр или кожа прижимается к подтарельнику, с кассеты которого сматывается лента, и тормозит ее.

Проследим работу электромеханического тормоза на конструкции, которая применяется в профессиональ-

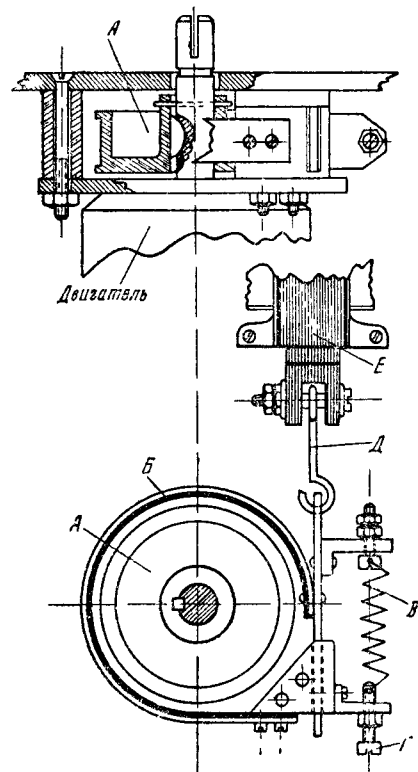


Рис 63

ных промышленных трехмоторных лентопротяжных механизмах (рис. 63).

В трехмоторных лентопротяжных механизмах имеются три подобных тормоза, действующих на ось каждого двигателя. Тормоз состоит из тормозного барабана А, укрепленного на оси соответствующего двигателя; стальной тормозной ленты В, на которой укреплен фельд или фетр; возвратной пружины В с винтом регулировки Г; тормозной тяги Д и электромагнита Е.

Конструкция тормоза выполняется так, что когда электромагнит обесточен, барабан А легко вращается против часовой стрелки, преодолевая только небольшое трение, выз-

ванное натяжением пружины В. Если барабан начинает вращаться в противоположную сторону, сила трения и соответственно торможение резко возрастают.

В лентопротяжном механизме подобные тормоза устанавливаются, как показано на рис. 64. Работают они следующим образом. При включении лентопротяжного механизма срабатывают все три электромагнита, которые отводят тормозные ленты от тормозных барабанов. При этом прижимной ролик прижимается к ведущей оси электромагнитом Эл-3.

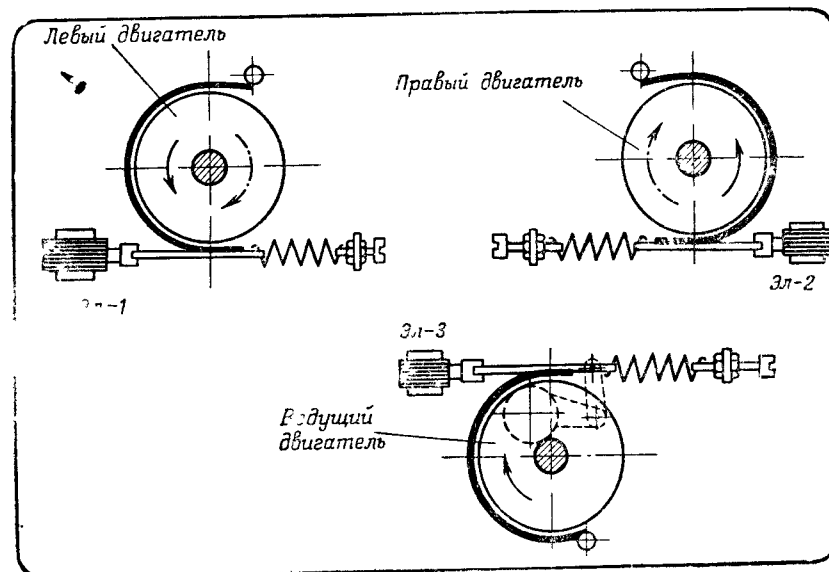


Рис. 64

При обесточивании лентопротяжного механизма тормозные ленты притягиваются к тормозным барабанам под действием возвратных пружин. Независимо от режима работы более резко будет останавливаться тот двигатель, с подтарельника которого сматывается лента; остановка подматывающего подтарельника происходит путем натяжения ленты.

Тормозной барабан (рис. 63) выполняется из дюралюминия и стали. Крепится он на оси двигателя шпонкой или стопорными винтами. Внешняя поверхность барабана шлифуется. Диаметр его выбирают в пределах 60—100 мм, ширина 15—20 мм. Тормозная лента выполняется из пружинистой листовой стали 0,05—0,1 мм. На нее наклеивается клеем БФ-4, а затем наклепывается алюминиевыми или медными заклеп-

Пластины, сердечника. Обойма-сталь Т=1мм

Якорь

Каркас-гетинакс

Сверлить только с одной точки

Кольцо-медь

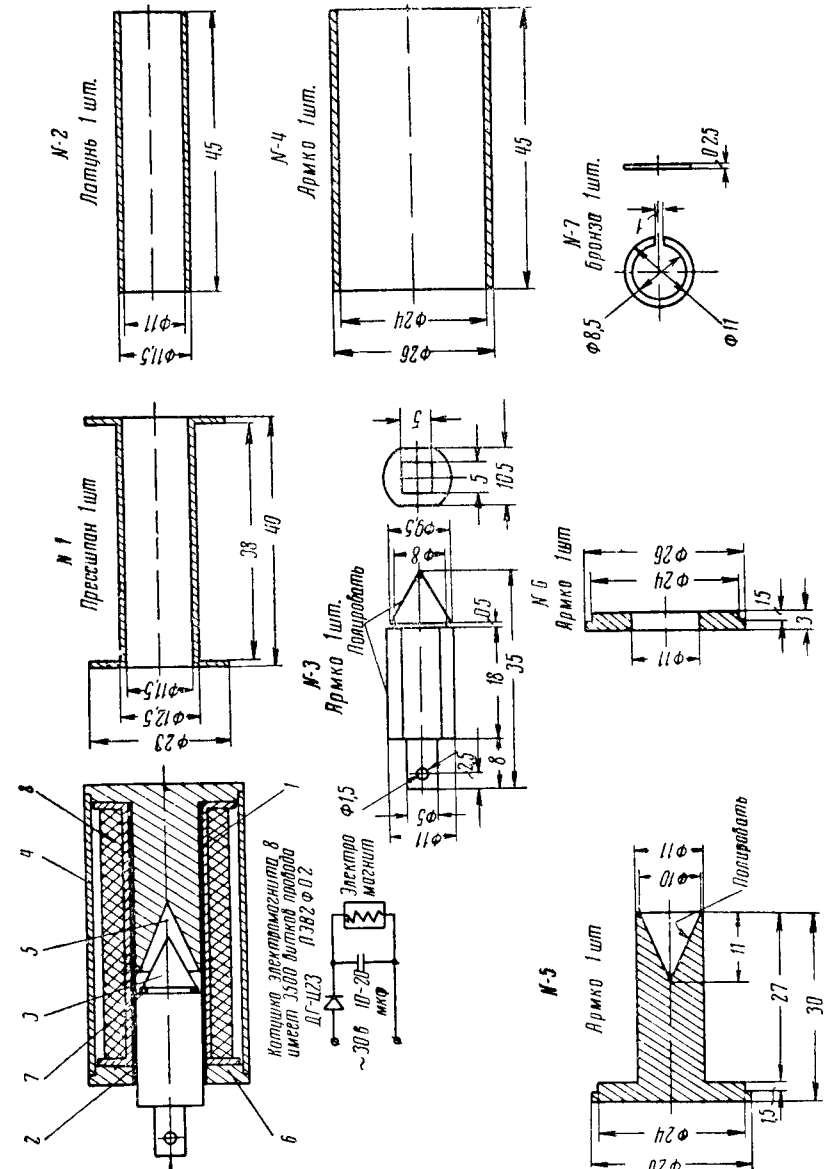
б

мах, должны иметь достаточное усилие (порядка 3—5 кг), малое поле рассеяния и длительное время работы без опасности перегрева.

ности тормозного барабана. Возвратная пружина должна обеспечить натяжение порядка 100—150 г. Степень торможения регулируется винтом Г.

На рис. 64 каждый тормоз управляется отдельным электромагнитом. В некоторых конструкциях используется только два или один электромагнит, а управление тормозами осуществляется от электромагнита при помощи проволочных тяг.

## Электромагниты, применяемые в лентопротяжных механизмах



**Рис. 66**

заклепками. Торец якоря тщательно шлифуют и надевают на него медное кольцо, уменьшающее дребезжание (для этой же цели затачивают торец сердечника). Катушка электромагнита имеет 4500 витков провода ПЭВ-2 0,2. Подобная конструкция электромагнита может быть применена и для прижатия прижимного ролика к ведущей оси в лентопротяжных механизмах без тормозов.

На рис. 66 показана конструкция электромагнита с точечным якорем и основанием и дана схема включения электромагнита. Питание электромагнита производится от полупроводникового выпрямителя. Конденсатор фильтра  $C_1$  лучше взять с бумажным диэлектриком; емкость порядка 20 мкф. Катушка

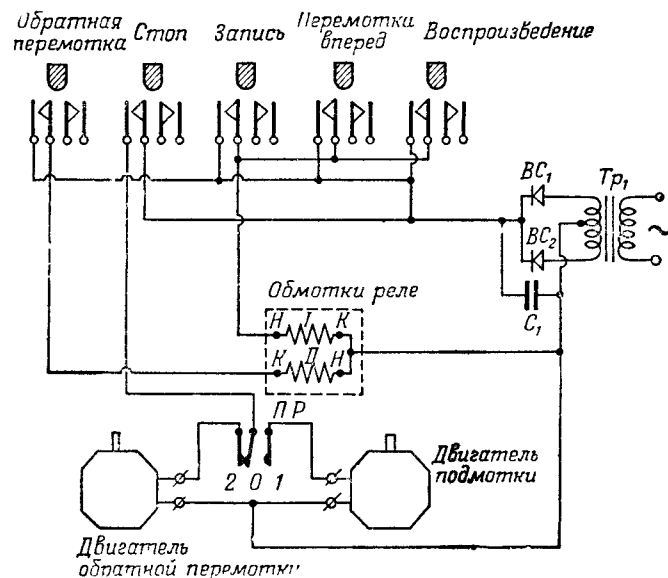


Рис. 67

электромагнита содержит 3500 витков провода ПЭВ-2,02. Перед намоткой каркас нужно изолировать лакотканью. Недостатком такого электромагнита является наличие выпрямителя.

В качестве электромагнита можно использовать некоторые типы реле.

Электромагниты могут явиться источником сильных магнитных полей, поэтому в высококачественных профессиональных магнитофонах они заключаются в пермаллоевые экраны.

В случае применения асинхронных двигателей для подмотки и обратной перемотки возможен еще один способ торможения, так называемое электрическое торможение. Этот

способ заключается в следующем: в момент торможения напряжение питания двигателей выключается и на двигатель, с подтарельника которого сматывается лента, подается постоянное напряжение.

Во избежание перегрева двигателя и его выхода из строя постоянный ток для торможения подают на короткое время (1—2 сек.) через кнопку, которая разрывает цепь постоянного тока и включает ее только при торможении.

Постоянное напряжение получают обычно от селенового выпрямителя, питаемого от обмотки силового трансформатора.

Чтобы обеспечить подачу постоянного напряжения только на двигатель, с которого сматывается лента, приходится несколько усложнять схему коммутации. Общая схема электрического торможения трехмоторного лентопротяжного механизма показана на рис. 67.

В схеме применено поляризованное реле ПР с двумя обмотками. Реле регулируется «на нейтраль» таким образом, что его якорь может замыкать тот или иной контакт в зависимости от того, на какую обмотку подается напряжение.

В режиме «Запись», «Воспроизведение» и «Перемотка вперед» напряжение подается на обмотку реле I. Якорь реле 0 замыкается при этом на контакте 2 и остается в этом положении после снятия напряжения питания реле и выключения двигателей. Нажимая кнопку «Стоп» на несколько секунд, подаем напряжение торможения на двигатель обратной перемотки, с подтарельника которого в этих режимах сматывается лента. При обратной перемотке ленты постоянное напряжение подается на обмотку II, якорь реле замыкается при этом на контакт 1 и остается в этом положении также при выключении двигателей и снятии напряжения с реле. В этом случае напряжение торможения будет подаваться на правый двигатель, с которого в данном режиме происходит сматывание ленты.

Сравнивая описанные системы торможения, следует отметить, что механическое торможение применяется в основном в любительских и массовых одномоторных конструкциях. Электромеханическое торможение используется в промышленных трехмоторных конструкциях. Оно позволяет получать более качественную остановку ленты. Торможение происходит автоматически при снятии напряжения питания, поэтому при случайном выходе из строя питающей сети во время работы магнитофона лента немедленно останавливается. Другое преимущество электромеханического торможения состоит в том, что при обесточенном механизме оси двигателей свободно не вращаются; это исключает возможность провисания ленты. Недостатком электромеханического торможения является его сложность. Электрическое торможение от-

личается простотой, так как выпрямитель сделать проще, чем механическую систему, тормоза и электромагниты. Недостатками электрического торможения следует считать отсутствие торможения при длительной остановке лентопротяжного механизма и случайном выходе из строя питающей сети и прослушивание «щелчков» во время торможения. Последнее обстоятельство заставляет делать схему коммутации магнитофона таким образом, чтобы во время торможения отключался усилитель записи и воспроизведения.

#### ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ЛЕНТОПРЯЖНОГО МЕХАНИЗМА

Все основные узлы лентопротяжного механизма укрепляются на основной панели представляющей собой литую раму или плиту. Посадочные места отдельных узлов фрезеруются. В профессиональных магнитофонах под основную панель для уменьшения фона обычно подкладывают два-три листа отожженного пермаллоя толщиной 0,5 мм.

Основная панель в любительских конструкциях может быть выполнена из силумина, дюралюминия, стали. Она не должна иметь перекосов и неровностей. Для уменьшения фона желательно проложить под панелью несколько листов пермаллоя, трансформаторной или мягкой отожженной стали.

Для удобства регулировки, чистки, смены отдельных деталей и т. п. панель лентопротяжного механизма желательно укрепить на раме или стойках. Раму сваривают или склеивают из стальных или дюралюминиевых угольников. Лентопротяжный механизм вместе с рамой укрепляют в ящике магнитофона при помощи пружинных или резиновых амортизаторов. В простейших конструкциях амортизация может быть осуществлена с помощью войлочной или резиновой прокладки.

В тех случаях, когда основная панель выполнена в виде литой рамы, для защиты отдельных узлов от загрязнения, механических повреждений, а также с декоративной целью сверху основной панели устанавливается «фальш»-панель, изготовленная из тонкого листового дюралюминия.

Примерный вид расположения основных узлов лентопротяжного механизма был показан на рис. 23.

Узлы подмотки и обратной перемотки обычно располагаются в крайних углах панели. При их размещении необходимо стремиться к тому, чтобы к ним имелся свободный доступ для съема кассет или бобышек с лентой.

Узел протягивания ленты, стабилизирующий фильтр или направляющий ролик располагаются в других углах основной

панели. Между ними укрепляются головки или блок головок. Блок головок может быть расположен на основной панели, как показано на рис. 68, а, б. Расположение блока головок, приведенное на рис. 68, б, более удобно, так как оно позволяет несколько уменьшить габариты лентопротяжного

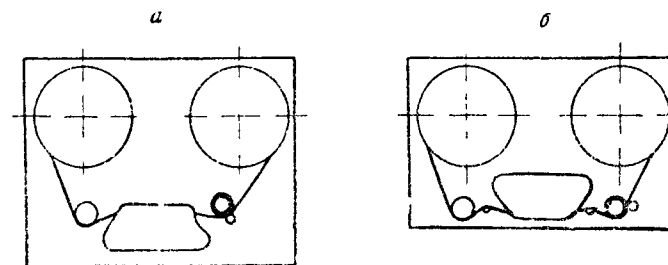


Рис 68

механизма. Кроме того, наводки на головки от полей рассеяния двигателей в этом случае сказываются меньше.

ГОСТ на магнитофоны предусматривает, что в аппаратах группы 9 и 5 ферромагнитная лента должна наматываться на кассеты рабочей стороной внутрь рулона. Поэтому наиболее удобная компоновка лентопротяжного механизма для аппаратов группы 9 и 5 выполняется по схеме, приведенной на рис. 68, б.

Для получения необходимого угла огибания лентой головок приходится вводить дополнительные направляющие колонки. Их размещают с таким расчетом, чтобы лента не обрывалась при движении острых углов, иначе создается дополнительная ненужная нагрузка на ведущий двигатель и лента будет рваться в местах склейки. По этим же причинам следует избегать большого числа направляющих колонок или роликов.

На панели укрепляются основные органы управления магнитофонов: переключатель режима работы, приборы контроля работы магнитофона (индикатор уровня записи и индикатор включения генератора стирания), регулятор громкости и тембра звука и т. д.

## Глава IV

### ЗВУКОНОСИТЕЛИ

Качество магнитной звукозаписи в значительной степени зависит от типа применяемого звуконосителя. По структуре звуконосители делятся на две основные группы: массивные и порошковые. К массивным звуконосителям относятся проволока и металлическая лента, изготовленная из углеродистой стали или специальных сплавов. Порошковые звуконосители бывают однослойными и двухслойными. Двухслойные звуконосители состоят из эластичной немагнитной основы, покрытой магнитным материалом. В однослойных звуконосителях магнитный порошок равномерно распределен по всей толщине ленты. Порошковые звуконосители, выпускаемые в виде ферромагнитной ленты, получили в настоящее время самое широкое распространение; в связи с этим мы остановимся только на этом типе звуконосителей. Ферромагнитная лента обладает хорошими магнитными свойствами, легко разрезается, склеивается и имеет небольшой вес. Существующие в настоящее время сорта ферромагнитных лент допускают свыше ста тысяч проигрываний без значительной потери отдачи.

Ферромагнитная лента может использоваться для двухдорожечной записи, а также позволяет сравнительно простым способом осуществлять производство массовых магнитофильмов (тиражирование).

Отдача ферромагнитной ленты несколько меньше, чем у массивных звуконосителей. Объясняется это тем, что магнитные частицы находятся в связующем веществе на некотором расстоянии друг от друга, что приводит к уменьшению остаточной индукции.

Этот недостаток компенсируется применением более широкой звуковой дорожки, то есть увеличением ширины ферромагнитной ленты. Повысить отдачу можно также увеличением толщины ферромагнитного слоя. Однако этот способ не применяется, так как трудно получить равномерный по-

лив. Кроме того, увеличение толщины ферромагнитного слоя приводит к дополнительным частотным искажениям.

Прежде чем оценить качества того или иного звуконосителя, необходимо познакомиться с требованиями, которые к ним предъявляются. В эти требования входят механические и эксплуатационные качества, а также магнитные свойства звуконосителя.

### МЕХАНИЧЕСКИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЗВУКОНОСИТЕЛЕЙ

**Требования к механическим качествам звуконосителей:** достаточная прочность и отсутствие обрывов при движении звуконосителя через лентопротяжный механизм (это особенно важно при многократном использовании одного и того же звуконосителя. Обычно наибольшее усилие на звуконоситель возникает в моменты пуска и остановки. Это усилие достигает 0,5—1 кг, поэтому разрывное усилие звуконосителя должно быть не меньше 2,5—3 кг, принимая во внимание необходимость известного запаса прочности; однородность и строго постоянные размеры поперечного сечения по всей длине (неоднородность звуконосителя, например, шероховатость поверхности, приводит к появлению дополнительного шума. Более крупные неоднородности увеличивают износ головок. При неплотном прилегании звуконосителя к головкам создается дополнительная паразитная модуляция записываемого сигнала); незначительное растяжение (считается, что местное растяжение на 0,5% еще не ощутимо на слух); необходимая прочность ферромагнитного слоя и его сцепления с основой.

**Требования к эксплуатационным свойствам звуконосителей:** негорючесть материалов, из которых изготавливается звуконоситель; минимальный вес и объем; удобство транспортировки и хранения; способность длительное время сохранять записанный сигнал; возможность легко соединять отдельные куски звуконосителя. Это необходимо при монтаже, а также в случае обрыва звуконосителя. Места соединения не должны прослушиваться при воспроизведении и не должны нарушать нормальную работу лентопротяжного механизма. Низкая стоимость, значение которой особенно велико для массовых магнитофонов.

**Магнитные свойства звуконосителя** определяются в основном остаточной индукцией  $B_{ост}$  и коэрцитивной силой  $H_k$ . С увеличением остаточной индукции звуконосителя  $B_{ост}$  увеличивается электродвижущая сила, наводимая в головке воспроизведения, что позволяет расширить динамический



диапазон записи, так как при этом уровень шумов будет значительно слабее уровня полезного сигнала на входе усилителя. Кроме того, требуется усилитель с меньшим коэффициентом усиления.

Казалось бы, выгодно брать в качестве звуконосителя материал, обладающий большой величиной остаточной индукции.  $B_{ост}$ , однако это условие еще не является определяющим.

Дело в том, что на высоких частотах, когда длина волны записываемых колебаний соизмерима с размером поперечного сечения звуконосителя, начинает сказываться эффект

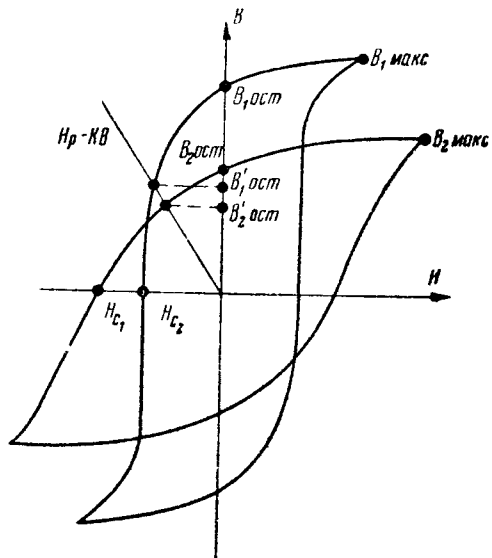


Рис. 69

саморазмагничивания, приводящий к уменьшению отдачи. Величина размагничивающего поля пропорциональна индукции в звуконосителе

$$H_p = KB,$$

где  $K$  — коэффициент размагничивания, зависящий от отношения длины волны записанного сигнала к размерам поперечного сечения звуконосителя. С ростом частоты коэффициент  $K$  увеличивается и соответственно возрастает размагничивающее поле.

Посмотрим, как проявляется эффект саморазмагничивания на примере двух звуконосителей, имеющих различную

форму максимальной петли гистерезиса (рис. 69). На том же рисунке проведена прямая  $H_p = KB$ , изображающая силу размагничивающего поля от индукции для верхней записываемой частоты. Очевидно, что чем выше записываемая частота, тем больше угол между прямой  $H_p = KB$  и осью, на которой отложены значения индукции (ось  $B$ ). Магнитное состояние звуконосителя для данной записываемой частоты будет определяться точкой пересечения прямой  $H_p = KB$  с кривой максимальной петли гистерезиса.

Таким образом, из рисунка видно, что если для первого звуконосителя эффект саморазмагничивания приводит к значительному снижению остаточной индукции (точка  $B_1^1_{ост}$ )

по сравнению с максимальной возможной (точка  $B_{1_ост}$ ), то для второго звуконосителя эта разница уже значительно

меньше (точки  $B_2_{ост}$  и  $B_2^1_{ост}$ ). И хотя у второго звуконосителя остаточная индукция меньше (то есть меньше отдача), эффект саморазмагничивания будет сказываться слабее

На средних и низких частотах записи коэффициент размагничивания  $K$  — мал и, следовательно, мал угол между прямой  $H_p = KB$  и осью  $B$ . Эффект саморазмагничивания на этих частотах почти не проявляется, и отдача звуконосителя будет пропорциональна остаточной индукции  $B_{ост}$ .

Из сопоставления рассмотренных нами звуконосителей можно сделать вывод о том, что уменьшение отдачи на высоких частотах за счет эффекта саморазмагничивания будет тем меньше, чем полнее идет кривая петли гистерезиса. Крутизну кривой гистерезиса можно характеризовать отношением величины коэрцитивной силы к остаточной индукции.

Таким образом, для хорошей передачи высоких частот звуконоситель должен обладать не только большим значением  $B_{ост}$ , но и иметь возможно большее отношение  $\frac{H_k}{B_{ост}}$ .

С увеличением отношения  $\frac{H_k}{B_{ост}}$  появляется возможность уменьшить скорость звуконосителя. У лучших образцов звуконосителей это отношение достигает 0,5—1. Что касается величины остаточной индукции, то имеется тенденция к ее увеличению, так как при этом возрастает динамический диапазон записи

Ферромагнитные вещества, используемые для производства порошковых звуконосителей, весьма разнообразны, хотя электроакустические характеристики ферромагнитной ленты определяются в основном окисью железа  $Fe_2O_3$ .

Для производства ферромагнитной ленты используются частицы порошка окиси железа, имеющие форму куба с раз-

мером граней порядка 1 микрона. Величина коэрцитивной силы такого порошка составляет  $90 \div 130$  эрстед, а остаточная индукция  $400 \div 600$  гауссов (лента типа 1). С целью улучшения магнитных свойств звуконосителя (то есть для увеличения отношения  $\frac{H_k}{B_{ост}}$  к окиси железа добавляются соли кобальта. Коэрцитивная сила при этом возрастает до  $200—250$  эрстед, а остаточная индукция получается порядка  $600—800$  гауссов (лента типа 2).

Повысить остаточную индукцию удалось, применив новую технологию изготовления звуконосителей. Наилучшим звуконосителем в этом отношении является ферромагнитная лента имеющая игольчатую структуру с принудительной магнитной ориентацией. Длина отдельной иглы составляет около 1,5 микрон, а ширина в 5—10 раз меньше. Как показали исследования, такие частицы имеют различные магнитные свойства при намагничивании их в продольном и поперечном направлении.

При изготовлении звуконосителя большая часть частиц игольчатой формы располагается в магнитном слое так, что длинные оси частиц оказываются параллельны плоскости ленты. Это приводит к увеличению остаточной индукции в ленте под действием поля, совпадающего по направлению с плоскостью магнитного слоя. Кроме того, при игольчатой структуре эффект саморазмагничивания в таких звуконосителях проявляется слабее, чем в звуконосителях с кубической структурой.

Для увеличения степени магнитной неоднородности, а следовательно, для улучшения электроакустических свойств ферромагнитной ленты применяется процесс принудительной ориентации частиц при изготовлении такого звуконосителя с помощью магнитного поля, направление которого совпадает с направлением движения ленты. Подобные звуконосители могут использоваться при низких скоростях движения, так как их отдача на частоте  $1000 \text{ гц}$  на  $10—15 \text{ дб}$ , а на частоте  $10\,000 \text{ гц}$  на  $15—25 \text{ дб}$  больше, чем для ленты типа С.

Указанные звуконосители наряду с головками, имеющими узкий рабочий зазор (вплоть до 5 микрон), позволяют на низких скоростях движения ленты получить запись достаточно широкой полосы частот. Хотя эффективность такой головки из-за узкой щели и будет небольшой, однако это в известной степени компенсируется более высокой отдачей такой ленты.

В зависимости от величины коэрцитивной силы, выпускаемые в настоящее время звуконосители делятся на две группы. К первой группе относятся звуконосители, имеющие малое значение коэрцитивной силы — порядка 100 эрстед; ко

второй группе — звуконосители с большим значением коэрцитивной силы ( $200—250$  эрстед).

Выше мы установили, что с увеличением коэрцитивной силы уменьшается эффект саморазмагничивания и улучшается передача высоких частот. Это позволяет использовать высококоэрцитивные звуконосители при низких скоростях движения вплоть до  $47,6$  и даже  $23,8 \text{ мм/сек}$ . Однако у существующих звуконосителей величина коэрцитивной силы редко превышает 300 эрстед. Объясняется это тем, что при увеличении

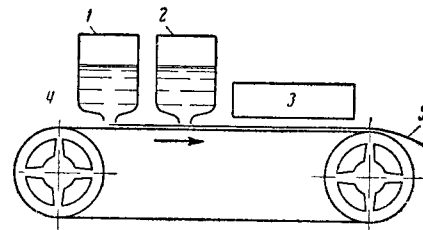


Рис. 70

коэрцитивной силы требуется большое значение тока подмагничивания и стирания, а это связано с увеличением мощности генератора.

#### ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЛЕНТ

Проследим технологический процесс производства звуконосителя на примере изготовления двухслойной ферромагнитной ленты, состоящей из немагнитной основы, на которую нанесен тонкий ферромагнитный слой.

Процесс изготовления такого звуконосителя включает в себя три основные операции: изготовление магнитного лака; изготовление немагнитной основы; нанесение магнитного лака на основу.

В качестве материала для рабочего слоя используется смесь железа, которую с помощью шаровых мельниц превращают в порошок. Порошок разводят в нитролаке и получаемую при этом магнитную эмульсию наносят методом полива на гибкую немагнитную основу (рис. 70). Для этого на движущуюся бесконечную медную ленту 5 сверху — из фильера 1 льется ацетилцеллюлозная основа, а поверх нее из другого фильера 2 — магнитная эмульсия (ферролак). Для сушки применяется облучение инфракрасными лучами 3.

Ширина получающейся при этом способе ферромагнитной ленты 4 достигает  $700 \text{ мм}$ . Затем с помощью дисковых

ножей ленту разрезают на полосы шириной 6,35 мм. Толщина рабочего слоя ленты 13—15 микрон при общей толщине порядка 60 микрон.

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЛЕНТ

Рассмотрим основные электроакустические показатели ферромагнитных лент и способы их измерения.

**Чувствительность.** Ферромагнитные ленты характеризуются относительной чувствительностью на частоте обычно 400 или 1000 гц. Эта величина представляет собой разность между отдачей измеряемой ленты и отдачей ленты, принятой за типовую. Запись производится при уровне, который на 16 дб ниже, чем при полной (100%) модуляции. Относительная чувствительность выражается в децибелах.

Определение максимального уровня записи производится путем сравнения с известным уровнем измерительной ленты (тестфильм).

**Частотная характеристика** определяет качество воспроизведения высоких частот. Частотная характеристика ферромагнитной ленты характеризуется разностью в отдаче на частотах 400 или 1000 гц и 10 000 гц.

Измерения производятся при уровне тока записи, который на 16 дб меньше, чем при полной модуляции. Величина этого параметра особенно важна в случае использования низких скоростей движения, так как чем ниже скорость движения ферромагнитной ленты, тем труднее осуществить запись высоких частот.

Помимо частотной характеристики, иногда указываются колебания чувствительности по длине рулона при записи частоты 400 или 1000 гц и уровне тока записи, который на 16 дб ниже, чем при полной модуляции.

**Уровень модуляционных шумов.** Как указывалось, этот шум проявляется только в моменты записи звукового сигнала. Он обнаруживается по шумовым напряжениям различной частоты, накладываемым на основное напряжение сигнала звуковой частоты. Для измерения модуляционных шумов необходимо исключить записанный сигнал и измерить сумму остаточных напряжений. Однако исключение некоторой полосы частот искажает измерения.

Чтобы избежать этого недостатка, модуляционные шумы измеряются с помощью постоянного тока. Величина уровня модуляционных шумов определяется как разность, выраженная в децибелах между отдачей частоты 400 или 1000 гц, записанной с полной модуляцией и уровнем шума ленты при записи постоянного тока, равного по величине эффективно-му значению тока указанной выше частоты при полной модуляции

**Динамический диапазон** характеризует отношение наибольшей неискаженной амплитуды сигнала к амплитуде шумов. Обычно динамический диапазон измеряется на частоте 1000 гц как разность уровней отдачи в децибелах при полной модуляции и размагниченной ленте. Измерения производятся с фильтром, пропускающим частоты 200—10 000 гц.

**Величина стирания** характеризует степень легкости, с которой может быть стерта ранее произведенная запись. Величина стирания определяется как разность уровней (выраженных в децибелах), частоты 1000 гц при полной модуляции и уровнем, полученным при воспроизведении стертого сигнала током определенной величины. Измерения производятся с использованием полосового фильтра, пропускающего частоту 1000 гц.

**Уровень нелинейных искажений.** Нелинейные искажения, обнаруживаемые в процессе магнитной записи, являются следствием наличия нечетных гармоник; поэтому уровень нелинейных искажений оценивается по величине третьей гармоники записываемого сигнала. Уровень нелинейных искажений по третьей гармонике определяется как разность уровня частоты 400 или 1000 гц при полной модуляции и уровня частоты соответственно 1200 или 3000 гц, воспроизводимого через полосовой фильтр.

**Уровень копир-эффекта** характеризует степень передачи записи между слоями смотанной в рулон ленты. Уровень копир-эффекта определяется как разность между уровнем сигнала длительностью 1 сек. частоты 1000 гц полной модуляции и наибольшим эхо-сигналом, получаемым через полосовой фильтр, настроенный на частоту 1000 гц. Длительность копирования составляет 10 мин. Ферромагнитная лента наматывается на бобину диаметром 280 мм.

### ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ЛЕНТ

В табл. 7 приводятся основные показатели ферромагнитных лент, выпускаемых нашей промышленностью, а также данные широко распространенных в СССР лент типа С и СН.

В табл. 7 приведены цифры с учетом того, что в качестве типовой для лент типа 1, 1Б и СН применялась лента типа С, а для ленты типа 2 в качестве типовой — лента типа СН.

Средняя чувствительность и частотная характеристика ленты типа 2 определялись при основной частоте 400 гц, а у остальных лент — при основной частоте 1000 гц.

Ферромагнитная лента типа 2 изготавливается из феррита железа с добавлением кобальта. Она обладает сравнительно большой величиной коэрцитивной силы и поэтому более

Таблица 7

Показатели	Тип ленты					Примечание
	1	1Б	2	С	СН	
Средняя чувствительность, дБ	±2	±4	—(2,5—3)	0	+5	
Неравномерность чувствительности в пределах одного рулона, дБ	±2	±2,5	±2	±0,2	±0,5	
Частотная характеристика, дБ . . . . .	+2 —3	+2 —3,5	—(5—6)	0	+2,5	
Шум размагниченной ленты, дБ . . . . .	63	62		62		
Динамический диапазон, дБ . . . . .				61	64	
Величина стирания, дБ . . . . .	—70	—68	—78	—71	—61	
Уровень копир эффекта, дБ . . . . .	—47	—45	—45	—48	—50	
Уровень нелинейных искажений, дБ . . . . .	—33	—28	—35	—29,3	—36,4	
Разрывное усилие ленты, кг (не менее) . . . . .	2,4	2,3	2,4	2÷3		
Деформация под нагрузкой % (не более) . . . . .	1,5	1,5	1,5			
Динамическая прочность, % (не более) . . . . .	10	10	10			Относительное удлинение под нагрузкой 1 кг  Число испытаний, в которых работа ударного разрыва лент составляет менее $2,5 \frac{\text{кг}}{\text{см}}$

всего подходит для использования в магнитофонах с низкой скоростью движения звуконосителя.

Следует заметить, что ферромагнитные ленты, изготовленные с добавлением кобальта, имеют повышенную абразивность, что вызывает более быстрый износ головок. Однако этот факт не ограничивает применения подобных звуконосителей на низких скоростях движения, при которых абразивность проявляется не так сильно.

Для ленты типа 1 и 1Б можно существенно улучшить качественные показатели, подвергнув ее предварительной шлифовке (рис. 71). Это значительно уменьшает колебание в отдаче на высоких частотах, а также обеспечивает подъем

частотной характеристики на 5—8 дБ для частоты 5000 гц (при скорости 95,3 мм/сек).

Для шлифовки ленту в простейшем случае пропускают между резиновым и двумя металлическими роликами. Резиновый ролик с помощью пружины подводится к металлическому ролику II. В точке соприкосновения лента движется в разных направлениях, благодаря чему ее рабочие поверхности трутся (шлифуются) друг о друга. Эту операцию необходимо повторить два-три раза. Чтобы лента не вытягивалась и не рвалась, ее натяжение не должно превышать 300—500 г.

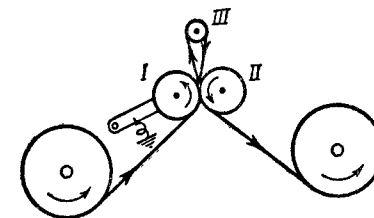


Рис. 71

В заключение укажем, что ферромагнитная лента хранится в рулоне, намотанном на бобышки, или в кассете. Чтобы избежать коробления ленты и высыхания ее основы, в помещении, где хранится лента, нужно поддерживать температуру 15—20° и относительную влажность 50—60%.

При высыхании ферромагнитной ленты рекомендуется протереть ее с торцов влажной тряпкой.

Для монтажа или склейки обрывов ленты пользуются клеем, который можно изготовить по двум следующим рецептам: первый рецепт: ацетона 49 г, метилглюколяцетата 50 г, измельченной киноленты 1 г; второй: метанола 25 г, ледяной уксусной кислоты 25 г, метилглюколяцетата 25 г, метилацетата 25 г.

Перед склейкой концы ленты обрезают под углом 45°. Намазав концы ленты (10—15 мм) клеем и наложив их один на другой, место склейки сжимают и дают ему просохнуть. В конце рулона удобно закреплять ленту при помощи липкого медицинского пластыря.

## МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

В настоящее время в связи с использованием в качестве звуконосителя ферромагнитной ленты наибольшее распро-

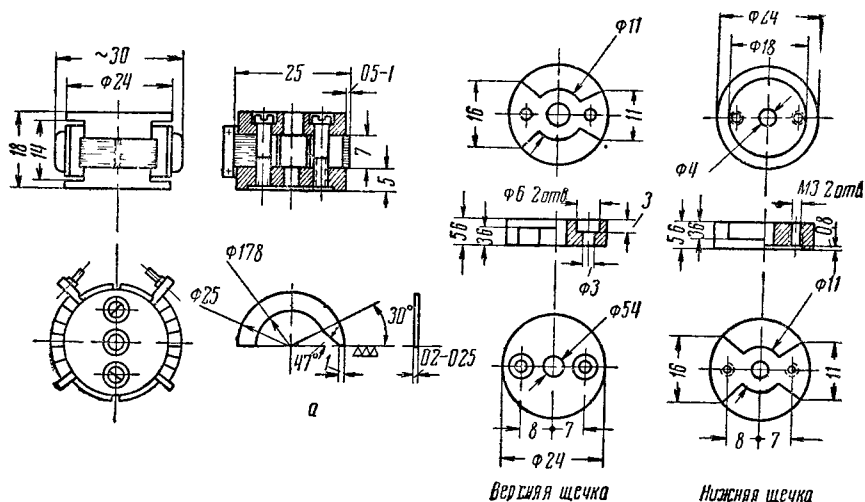


Рис. 72 а

На рис. 72 показаны две конструкции головок кольцевого типа с симметричным и несимметричным размещением обмотки У головки с симметричным размещением обмотки, как видно из рис. 72 а, сердечник образуется из двух полу-

К первой группе относятся головки, предназначенные для выполнения одной функции, например для записи, для воспроизведения или для стирания. Этими головками снабжа-

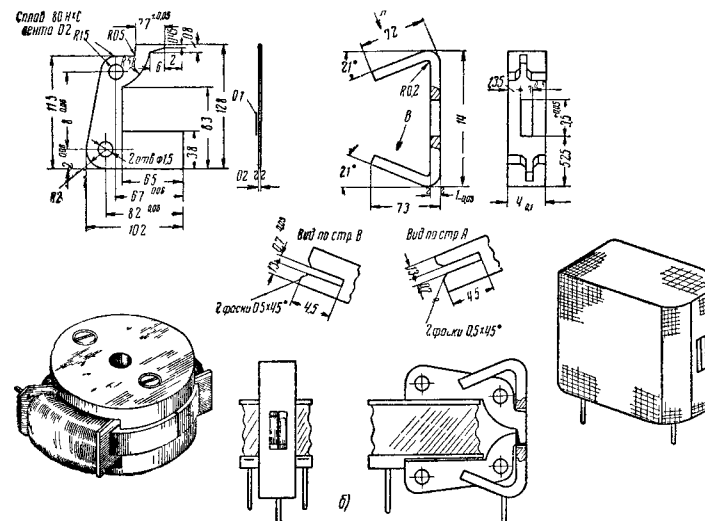


Рис 72 б

В массовых и портативных магнитофонах находит применение универсальная головка, служащая для записи и воспроизведения. Существуют также конструкции комбинированных головок, которые совмещают в себе три функции: стирание, запись и воспроизведение, однако они не получи-

ли широкого практического применения и поэтому здесь не рассматриваются.

В зависимости от числа витков обмотки и диаметра провода магнитные головки разделяются на низкоомные и высокоомные. Применение высокоомных головок позволяет упростить конструкцию усилительного устройства, так как они не требуют согласующего трансформатора.

По типу размещения обмотки головки разделяются на симметричные и несимметричные.

Симметричное расположение обмоток дает преимущество с точки зрения уменьшения уровня наводимых помех, так как напряжения, индуцируемые параллельным полем помех, взаимно уничтожаются. Несимметричные обмотки проще в изготовлении. Головка, изображенная на рис. 72 б, имеет хорошую отдачу на высоких частотах потому, что ее рабочий зазор образуется не в стыке обеих половин сердечника, а путем наложения пластин. Недостаток такой головки — неравномерность отдачи на частотах  $150 \div 200$  гц.

**Магнитные головки для двухдорожечной записи** имеют такую же конструкцию, как и обычные головки, но высота сердечника у них меньше. Для записи и воспроизведения, как правило, используются универсальные высокоомные головки с высотой набора сердечника 2,4 мм. Ширина рабочего зазора порядка  $5 \div 10$  микрон. Стирающая дорожка шире, чем записываемая; поэтому высота набора сердечника стирающей головки берется равной 3,2 мм.

В головках для двухдорожечной записи во избежание перекоса и неплотного прилегания ленты к рабочему зазору головки необходимо, чтобы щеки со стороны рабочего зазора и сердечник лежали в одной плоскости. При этом лента одной половинкой соприкасается с сердечником, а другой — со щекой головки.

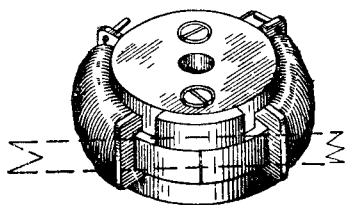


Рис. 73

2,4 мм для записывающей и воспроизводящей головки и на 3,2 мм для стирающей головки.

Учитывая, что в этом случае ферромагнитная лента будет проходить только приблизительно по половине сердечника, на одну из щечек со стороны рабочего зазора клеят БФ-4 наклеивают дюралюминиевую, медную или латунную пластинку (рис. 73).

**Магнитные головки, работающие в магнитофонах с низкими скоростями** движения ферромагнитной ленты (от 190,5 мм/сек и ниже), для уменьшения частотных искажений должны иметь более узкий рабочий зазор по сравнению с обычными типовыми головками (порядка  $5 \div 10$  микрон).

Рассмотрим специфические особенности работы магнитных головок для записи, воспроизведения и стирания.

**Головка записи** обычно делается низкоомной и подключается к выходу усилительного устройства. При записи ток, протекающий в обмотке такой головки, создает магнитный поток в сердечнике. Этот поток, воздействуя через рабочий зазор на движущийся звуконоситель, вызывает различную остаточную намагниченность отдельных участков. При рассмотрении «щелевых искажений» было установлено, что для уменьшения частотных искажений, вносимых головкой, магнитная проницаемость материала сердечника должна быть достаточно высокой, а рабочий зазор головки — узким. Большая величина магнитной проницаемости сердечника записывающей головки выгодна также и тем, что при этом требуется меньший ток записи для создания необходимой величины намагничивающего поля.

Причины, ограничивающие возможное уменьшение ширины рабочего зазора записывающей головки, следующие. С одной стороны, это необходимость иметь достаточную величину напряженности намагничивающего поля над рабочим зазором головки, с другой — максимально достижимая точность механического изготовления в массовом производстве. Ширина рабочего зазора записывающих головок лежит обычно в пределах  $20 \div 30$  микрон.

Материал сердечника записывающей головки должен обеспечивать малые вихревые токи и малые потери на гистерезис. Кроме того, ток в обмотке записывающей головки не должен вызывать магнитного насыщения сердечника. Поэтому сердечник записывающей головки собирают из тонких изолированных пластин пермаллоя или сплава НХС-80.

Для уменьшения уровня шумов при записи (из-за добавочного остаточного намагничивания сердечника) в записывающей головке делают задний зазор шириной до 0,3 мм. Наличие заднего зазора увеличивает магнитное сопротивление сердечника, что снижает остаточную индукцию в нем, а следовательно, и шум. Кроме того, задний зазор предотвращает возможность возникновения нелинейных искажений.

**Воспроизводящая головка.** При воспроизведении магнитный поток звуконосителя пронизывает сердечник воспроизводящей головки, вызывая появление в ее обмотке переменной ЭДС.

Воспроизводящие головки бывают как низкоомные, так и высокоомные. По качественным показателям эти головки

дают примерно одинаковые результаты, хотя высокоомные воспроизводящие головки имеют несколько большую собственную емкость; это, как показывает опыт, не является их существенным недостатком, так как для типовых высокоомных головок собственная резонансная частота находится примерно в пределах 15 кгц.

Преимуществом высокоомной воспроизводящей головки является значительно большая, чем у низкоомной головки, ЭДС. Поэтому такую головку можно включать непосредственно на управляющую сетку лампы первого каскада усилителя без входного трансформатора; кроме того, можно осуществить резонансную коррекцию в цепи головки.

Сердечник воспроизводящей головки делается из материала, имеющего высокую магнитную проницаемость. Это обстоятельство наряду с минимальными частотными искажениями позволяет получить большую ЭДС в обмотке головки (повышается чувствительность головки). Для уменьшения частотных искажений в области высоких частот рабочий зазор воспроизводящей головки должен быть достаточно узким. Однако при очень узком рабочем зазоре резко падает ЭДС, индуцируемая в обмотке. Кроме того, слишком узкий зазор трудно выполнить по технологическим причинам. Типовые воспроизводящие головки, ранее выпускавшиеся нашей промышленностью, имели рабочий зазор шириной порядка 20 микрон.

Головки для низких скоростей движения звуконосителя, а также головки для двухдорожечной записи имеют ширину рабочего зазора порядка 5—10 микрон.

Величина ЭДС воспроизводящей головки мала и обычно лежит в пределах от единиц до нескольких десятков милливольт. Головка работает при очень малых токах, поэтому отпадает необходимость в заднем зазоре, что позволяет повысить чувствительность воспроизводящей головки.

Ввиду сравнительно небольшой напряженности внешнего магнитного поля звуконосителя и, следовательно, малой ЭДС в обмотке воспроизводящей головки последняя особенно восприимчива к различным магнитным наводкам. В связи с этим желательно, чтобы воспроизводящая головка имела небольшие размеры и была тщательно экранирована.

Сердечник воспроизводящей головки делают из пластин пермаллоя или сплава НХС-80.

**Универсальная головка**, используемая для записи и воспроизведения, обычно имеет задний зазор, поэтому для увеличения ее чувствительности в режиме воспроизведения (по сравнению с воспроизводящей головкой) приходится несколько увеличивать число витков в обмотке головки.

Универсальные головки бывают низкоомные и высокоомные. Наиболее широкое распространение получили высоко-

омные универсальные головки, которые не требуют согласующего трансформатора и могут включаться в анодную цепь усилителя записи. Такими головками обычно снабжаются массовые магнитофоны.

Следует иметь в виду, что при использовании высокоомной универсальной головки частоту тока высокочастотного подмагничивания нельзя выбирать слишком высокой (обычно не выше 50 кгц), так как на более высокой частоте трудно получить необходимые ампервитки высокочастотного подмагничивания. Дело в том, что высокоомная головка имеет сравнительно большую собственную емкость, которая шунтирует головку. Хотя в этом случае головка и потребляет достаточно большой высокочастотный ток, но он в значительной степени будет замыкаться через емкость обмотки, не создавая поля высокочастотного подмагничивания.

**Стирающая головка.** В обмотке стирающей головки протекает сравнительно большой высокочастотный ток, поэтому при выборе материала сердечника следует обращать внимание не только на величину магнитной проницаемости, но и на то, чтобы он обеспечивал малые потери на вихревые токи и гистерезис.

Во время работы стирающая головка не должна сильно перегреваться, а сердечник ее не должен доводиться до магнитного насыщения высокочастотным током стирания. Для удовлетворения этих требований сердечник стирающей головки нужно собирать из тонких изолированных пластин, имеющих высокое удельное электрическое сопротивление и малые магнитные потери. Для стирающих головок эти требования имеют гораздо большее значение, чем для воспроизводящей и записывающей головок, ввиду того, что материал сердечника стирающей головки должен обладать малой коэрцитивной силой: чем уже площадь петли гистерезиса (то есть меньше величина коэрцитивной силы материала), тем меньше магнитные потери.

Стирающие головки выпускаются как низкоомные, так и высокоомные. Последние имеют сравнительно большую индуктивность, поэтому их легче согласовать с генератором.

В качестве материала для сердечника стирающей головки используют пермаллой и сплав НХС-50. Стирающая головка не имеет заднего зазора, а ширина рабочего зазора берется с таким расчетом, чтобы значение напряженности магнитного поля в рабочем зазоре было достаточным для стирания записи и обеспечивало плавное спадание напряженности этого поля, необходимое для полного размагничивания ферромагнитной ленты.

**Технология производства магнитных головок.** Рассмотрим технологию производства магнитных головок на примере типовой головки, показанной на рис 72а. Сердечник головки

Таблица 8

Основные данные	Для однокорректной записи						Для двухкорректной записи					
	Стирающая			Воспроизв			Стирающая			Универсальная		
	низко-омная	высоко-омная	Записывающая	низко-омная	высоко-омная	Универсальная	низко-омная	высоко-омная	Универсальная	высоко-омная	Высоко-омная	Запись
Обозначение	С 02	С 04	З-01	В 01	ЗВ-01	от МП-1 и "Волна"	низко-омная	высоко-омная	Универсальная	высоко-омная	Высоко-омная	М2-8В/2
Ширина рабочего зазора, мм	0,3	0,15	0,02	0,02	0,02	0,1	0,1	0,1	0,01	0,008	0,01	0,01
Ширина заднего зазора, мм	—	—	0,3	—	0,5—0,2	—	—	—	0,1—0,13	—	—	0,1
Число витков обмотки	2×75	2×150	2×150	2×300	2×1500	2×100	2×200	2×1500	2550	2550	2000	600
Марка и диаметр провода	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1	ПЭЛ-1
Индуктивность, мГн	0,35	0,25	0,25	0,2	0,1	0,35	0,2	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1
Индуктивность, измеренная на частоте 1000 Гц	1,75—2,25 мГн	7—9 мГн	7—9 мГн	60 мГн	0,9—1,2 мГн	2÷2,5 мГн	10 мГн	0,8—1,1 мГн	0,9 мГн	0,9 мГн	1,0 мГн	35 мГн
Нормальный ток стирания, мА	130—150	50—60	—	—	—	100÷120	50	—	—	—	—	—
Ток высококачественного подмагничивания, мА	—	—	12	—	2,2	—	—	0,6÷1,2	0,6—0,8	—	—	1,0
Ток записи, мА	—	—	2	—	0,2	—	—	0,2	—	—	—	0,2
ЭДС головки*, мВ	—	—	—	1	3,5	—	—	—	—	—	—	—
Маркировка щечек каркасов и головок крепящих винтов	Красного цвета	Красного цвета с белой полосой в середине щечек	Зеленого цвета	Белого цвета	Черного цвета	—	—	—	—	—	—	—

\* Электроприводная сила возникающая в обмотке головки при воспроизведении испытательного магнитного ленты при 100% модуляции ферромагнитной ленты.

изготавливают из полуколец, отштампованных из листового пермаллоя или другого материала, имеющего высокую магнитную проницаемость. Толщина каждой пластины примерно 0,1÷0,2 мм. Полукольца отжигают в водородной среде или вакууме при температуре около 1000°, а затем в течение нескольких часов охлаждают.

Отожженные пластины проклеивают клеем БФ-4 и собирают в пакеты (рис. 72 а). Стыкующиеся торцы собранных пакетов перед сборкой головки тщательно шлифуют. На каждую половину сердечника надевают каркас с обмоткой. Обе половины сердечника собирают в кольцо, имеющее передний или так называемый рабочий зазор. Записывающая головка имеет также и задний зазор. Передний зазор заполняется прокладкой из немагнитного материала (калбированная фольга из фосфористой бронзы, отличающаяся малой изнашиваемостью, или латунная фольга).

В собранном виде детали головки зажимают между силовыми щечками и стягивают болтами или заливают эпоксидной смолой. Качественные показатели головки можно улучшить, если пластины сердечника перед отжигом шлифовать с обеих сторон на мелкозернистом камне или снять электрополировкой слой в 30—50 микрон.

Передним (рабочим) зазором головка соприкасается с звуконосителем, поэтому переднюю часть головки тщательно шлифуют после сборки.

Основные сведения о магнитных головках отечественного производства приведены в табл. 8. Примерно по такой же технологии изготавливаются и головки других типов.

В качестве материала для сердечника головок наряду со сплавами, полученными на основе соединения никеля с железом (различные марки пермаллоя), применяются новые сплавы с большим содержанием алюминия, известные под названием «альфенол».

Этот сплав обладает такими же высокими магнитными характеристиками, как и пермаллой, но имеет более высокую твердость и высокое удельное сопротивление. Благодаря его высокой твердости можно получить стабильные в эксплуатации зазоры магнитных головок, величина которых достигает 3 микрон. Высокое удельное сопротивление уменьшает потери на вихревые токи, благодаря чему можно уменьшить величину тока высокочастотного подмагничивания.

Материалом для сердечника магнитных головок могут также служить ферриты, которые в последнее время находят все более широкое применение в радиотехнике. К преимуществам ферритов относятся малая зависимость магнитных свойств от частоты, а также высокая твердость, обеспечивающая высокую износоустойчивость головки, и большой коэффициент заполнения сердечников (ввиду отсутствия не-



магнитных прокладок). Недостатком ферритов является их хрупкость, меньшие, чем у пермалловых сердечников, значения магнитной проницаемости в области звуковых частот, а также зависимость магнитных свойств от температуры.

По сравнению с сердечником, выполненным из пермалловых пластин, у ферритового сердечника потери за счет высокочастотного тока стирания и подмагничивания гораздо меньше. Это делает его наиболее пригодным для использования в качестве сердечника стирающей головки, так как дает возможность уменьшить мощность генератора. Применение феррита в записывающих головках позволяет снизить мощность источника тока высокочастотного подмагничивания до 0,1—0,2 *вт*. Последнее обстоятельство имеет особенно большое значение для переносных портативных магнитофонов с батарейным питанием

---

## Глава VI

### ГЕНЕРАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ СТИРАНИЯ И ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

Качественную запись можно получить только при использовании высокочастотного режима записи и стирания. Для этого в магнитофоне имеется специальный генератор, который должен отвечать следующим требованиям: обеспечивать достаточную мощность, необходимую для питания головок стирания и записи; иметь форму колебаний высокочастотного тока, строго симметричную относительно оси времени (отсутствие четных гармоник); обеспечивать стабильность частоты и амплитуды генерируемых колебаний при изменении питающего напряжения.

Мощность, подводимая к стирающей головке, зависит от частоты тока стирания и качества звуконосителя. Что касается качества звуконосителя, то известно, что чем больше коэрцитивная сила ферромагнитной ленты, тем большая мощность требуется от генератора для ее размагничивания. Чем выше частота, тем большая мощность должна подводиться к головке, так как с увеличением частоты сильно возрастают потери в сердечнике головки. Например, для полного стирания ферромагнитной ленты типа С на частоте 30 *кГц* достаточно подвести к головке 1,5—2 *вт* мощности, в то время как при стирании на частоте 100 *кГц* необходима мощность порядка 5 *вт*. Следовательно, чем выше частота тока стирания, тем более мощную лампу нужно брать для генератора.

Таким образом, частоту тока стирания не следует выбирать слишком высокой, иначе возрастет мощность генератора, а стирающая головка будет сильно нагреваться.

Как известно, частота генератора стирания выбирается также в зависимости от скорости движения звуконосителя и бывает тем выше, чем больше скорость. Кроме того, частота генератора всегда должна быть выше максимальной записываемой звуковой частоты.

Результаты экспериментов показывают, что для типовой

стирающей головки, имеющей ширину зазора 0,3 мм, частота тока стирания при скорости движения ферромагнитной ленты 762 и 381 мм/сек и полосе пропускания сквозного канала 15 кГц должна быть не менее 30—40 кГц; при скорости 190,5 мм/сек и полосе пропускания сквозного канала 10 кГц — не менее 20 кГц. Амплитуда тока стирания зависит от того, какая используется головка (высокоомная или низкоомная), а также от качества звуконосителя.

В среднем для типовой низкоомной стирающей головки при использовании ферромагнитной ленты типа С оказывается вполне достаточным ток стирания 130—150 мА (при работе генератора на частоте порядка 70 кГц). Для типовой высокоомной стирающей головки при работе на той же частоте ток стирания должен быть порядка 60 мА.

Частоту тока подмагничивания желательно иметь по возможности наиболее высокой. Она зависит от максимальной звуковой частоты, пропускаемой усилителем.

Частота тока подмагничивания должна быть в несколько раз выше верхней записываемой частоты. При этом она не прослушивается. Кроме того, при достаточно высокой частоте тока подмагничивания уменьшаются амплитуды комбинационных тонов, возникающих за счет биений между частотами записываемого сигнала и подмагничивания, которые могут прослушиваться при воспроизведении.

Так как полоса пропускания усилителя для магнитной записи в известной степени определяется скоростью движения звуконосителя, можно сказать, что косвенно частота тока подмагничивания зависит от скорости движения звуконосителя и должна быть тем выше, чем больше скорость. Например, при скорости движения ферромагнитной ленты 381 и 762 мм/сек частота тока подмагничивания выбирается не менее 70 кГц.

В магнитофонах, имеющих высокоомную универсальную головку, не следует выбирать слишком высокой частоту подмагничивания, так как из-за большой собственной емкости такой головки трудно обеспечить необходимые ампервитки подмагничивания.

Большое значение для хорошей работы магнитофона имеет форма кривой генерируемых колебаний.

Выпрямитель, питающий высокочастотный генератор, не должен иметь больших пульсаций на выходе, вызывающих модуляцию генерируемых колебаний и соответственное намагничивание ферромагнитной ленты. В результате больших пульсаций при воспроизведении будет прослушиваться фон.

В магнитофонах обычно имеется один генератор, частота которого выбирается таким образом, чтобы его можно было использовать для получения тока стирания и тока подмагничивания.

В батарейных магнитофонах, предназначенных для репортажа, важным параметром является величина потребляемой от источников питания мощности. В таких магнитофонах делают маломощные генераторы, предназначенные только для получения тока подмагничивания, а звуконоситель предварительно размагничивают с помощью размагничивающего маг-

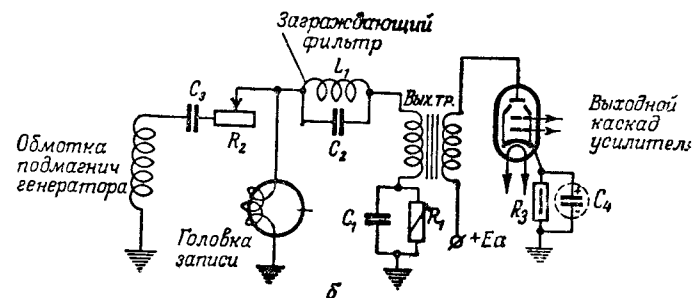
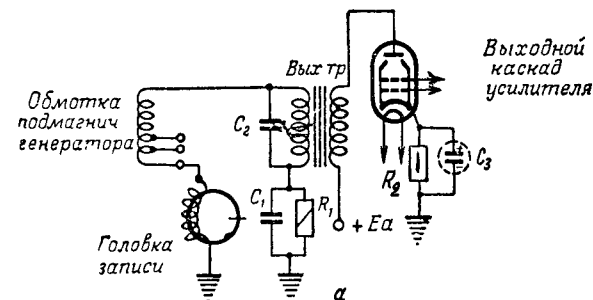


Рис. 74

нита или электромагнита. Мощность, необходимая для подмагничивания ленты, значительно меньше мощности, требующейся для стирания, — это позволяет выбрать частоту такого генератора достаточно высокой.

Прежде чем перейти к рассмотрению конкретных схем генераторов, необходимо остановиться на способах связи записывающей головки с обмоткой контура генератора и выходным каскадом усилителя, а также разобрать схему включения стирающей головки.

**Способы включения записывающей головки.** В зависимости от того, как вводится в головку записи напряжение звуковой частоты и подмагничивания, различают параллельную и последовательную схемы включения головки.

Рассмотрим последовательную схему (рис. 74,а). Головка записи включается последовательно с катушкой связи генератора. Блокировочный конденсатор  $C_2$  препятствует попаданию токов высокой частоты во вторичную обмотку выходного трансформатора. Емкость этого конденсатора выбирают с таким расчетом, чтобы его сопротивление было достаточно высоким для токов звуковой частоты по сравнению с сопротивлением нагрузки и по возможности наименьшим для токов подмагничивания.

Корректирующая цепочка состоит из конденсатора  $C_1$  и сопротивления  $R_1$ . Она компенсирует изменение сопротивления головки, вызываемое изменением частоты; это обеспечивает постоянство сопротивления нагрузки усилителя в рабочем диапазоне частот.

В такой схеме можно использовать и высокоомные, и низкоомные головки.

Недостатком последовательной схемы является то, что если генератор используется для стирания и подмагничивания, то для подключения записывающей головки требуется отдельная обмотка. Кроме того, неудобно и то, что ток подмагничивания регулируется скачком с помощью отводов на катушке связи генератора; это усложняет конструкцию контура и не всегда позволяет точно выбрать необходимую величину тока подмагничивания.

Параллельная схема включения записывающей головки (рис. 74,б) позволяет проще осуществить регулировку тока подмагничивания. Для этого используется переменное сопротивление  $R_2$  (10—15 ком).

Необходимое значение тока подмагничивания можно подобрать также, меняя емкость конденсатора  $C_3$ . В подобном случае мощность высокочастотного генератора не расходуется на регулировку. При этом отпадает необходимость в использовании переменного сопротивления  $R_2$ .

Емкость конденсатора  $C_3$  берется в пределах 100—1000 пф. Сопротивление  $R_1$  и конденсатор  $C_1$ , как и в предыдущей схеме, служат для компенсации изменения сопротивления головки с изменением частоты. Недостатком является то, что в указанную схему необходимо вводить специальный заграждающий фильтр  $L_1C_2$ , настроенный на частоту тока подмагничивания; такой фильтр препятствует замыканию высокочастотного тока через вторичную обмотку выходного трансформатора.

Описанная схема применяется обычно при низкоомных головках.

В случае применения высокоомной головки, которая может включаться непосредственно в анодную цепь лампы, заграждающий фильтр оказывается излишним, так как велико выходное сопротивление пентода; при использовании три-

ода последовательно с головкой всегда включают сравнительно большое сопротивление (рис. 75).

В некоторых случаях каскад на пентоде при работе с высокоомной головкой может использоваться также для полу-

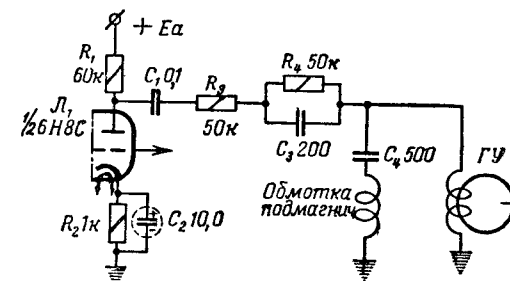


Рис 75

чения тока подмагничивания. Для этого на сетку лампы наряду со звуковым сигналом от генератора подается напряжение высокочастотного подмагничивания (рис. 76). Такой способ практически не требует мощности от генератора.

Стирающая головка, как правило, соединяется с обмоткой генератора через конденсатор. Подбором соответствующей емкости этого конденсатора цепь нагрузки настраивается в резонанс с частотой тока стирания.

Рассмотрим примеры практического выполнения схем генераторов для магнитофонов.

Широкое распространение получили одноламповые схемы. Строятся такие генераторы обычно по схеме с трансформаторной обратной связью или индуктивной трехточки. Для этой цели используют также двухтактные схемы генераторов.

Максимальная величина высокочастотного тока, которую может дать генератор на данной частоте, зависит от типа лампы, напряжения питания, а также от величины коэффициента обратной связи

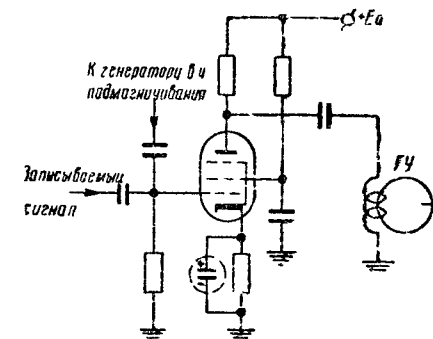


Рис. 76

Генератор для получения токов стирания и подмагничивания, собранный по схеме с трансформаторной обратной связью. При использовании низкоомной стирающей головки ГС и высокоомной универсальной — ГУ (для записи) от схемы можно получить ток стирания до 100 *ма* и ток подмагничивания до 4 *ма* на частоте 25—30 *кГц* (рис. 77,а). Катушки

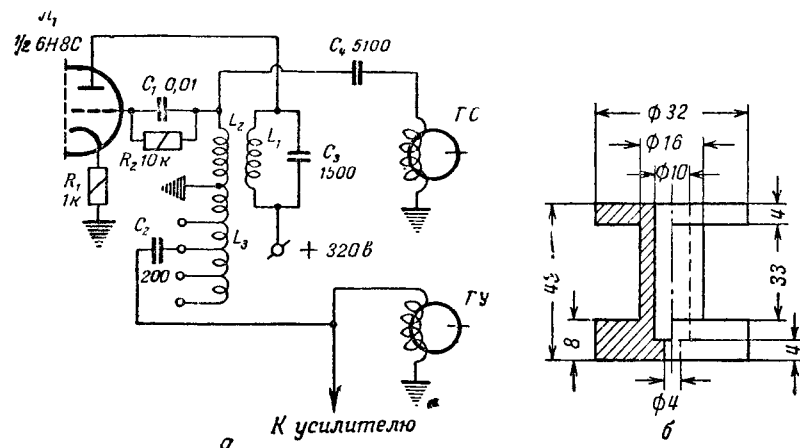


Рис. 77

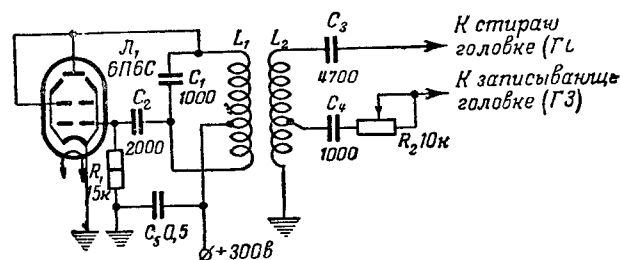


Рис. 78

генератора наматываются на каркас, размеры которого приведены на рис. 77,б.

Каркас можно изготовить из эбонита, органического стекла, дерева с пропиткой после изготовления в парафине или склеить из прессшпана. Контурная катушка  $L_1$  имеет 1500 витков провода ПЭЛ-0,12. Катушка связи  $L_2$  состоит из 250 витков, намотанных проводом ПЭЛ-0,41. Катушка  $L_3$ , предназначенная для включения в цепь записывающей головки, имеет 2000 витков с отводом через каждые 400 витков для подбора оптимальной величины тока подмагничивания (провод ПЭЛ-0,12).

Намотка катушек — рядовая, с прокладками между ряда-

ми одного слоя кабельной или конденсаторной бумаги. Между контурной катушкой и катушками связи наматываются два-три слоя лакоткани.

Генератор для получения токов стирания и подмагничивания, собранный по схеме индуктивной трехточки с заземленным катодом. Генератор, собранный по этой схеме, при использовании типовых низкоомных головок позволяет получить на частоте 60 *кГц* ток стирания 150 *ма*, а ток подмагничивания 20 *ма* (рис. 78).

С применением лампы 6П3С ток стирания увеличивается до 170 *ма*. Катушки генератора наматываются на каркас, который напоминает по конструкции каркас, изображенный на рис. 77,б. Однако высота описываемого каркаса на 10 *мм* меньше, чем указано на рисунке. В отверстие каркаса помещен сердечник из карбонильного железа. Катушка  $L_1$  (рис. 78) содержит 500 витков с отводом от 120-го витка, провод ПЭЛ-0,29. Катушка связи  $L_2$  состоит из 220 витков такого же провода (с отводом от середины).

Катушки можно разместить и в бронеом сердечнике из карбонильного железа типа СБ-4а.

Двухтактные схемы генераторов для получения токов стирания и подмагничивания. Наряду с одноктактными генераторами в магнитной звукозаписи находят применение и двухтактные схемы. Последние при использовании сравнительно маломощных ламп обеспечивают получение достаточно больших токов стирания и подмагничивания; допускают меньшую по сравнению с одноктактными схемами фильтрацию питающего напряжения; обеспечивают сравнительно хорошую форму тока, так как двухтактные схемы исключают появление четных гармоник генерируемых колебаний. Это особенно существенно при использовании ленты типа 2. На рис. 79 приведены схемы двухтактного генератора на двойном триоде 6Н8С. При использовании высокоомной головки стирания с такого генератора можно получить на частоте 80 *кГц* ток стирания до 55 *ма* и ток подмагничивания 18 *ма*.

Схемы генераторов, изображенных на рис. 79, отличаются лишь цепями обратной связи. В схеме, показанной на рис. 79,а, используется трансформаторная обратная связь (катушка  $L_2$ ), а в схеме, приведенной на рис. 79,б, — емкостная обратная связь (конденсаторы  $C_1$  и  $C_3$ ).

Подбором величины емкости этих конденсаторов, в процессе налаживания генератора, можно более точно выбрать оптимальный режим работы.

Контур генератора помещен в бронеом сердечник из карбонильного железа типа СБ-4а.

Катушка  $L_1$  состоит из двух секций по 200 витков в каждой, провод — ПЭВ-1 0,15. Сеточная катушка  $L_2$  для схемы,

изображенной на рис. 79, а, имеет две секции по 60 витков, провод ПЭВ-1 0,15.

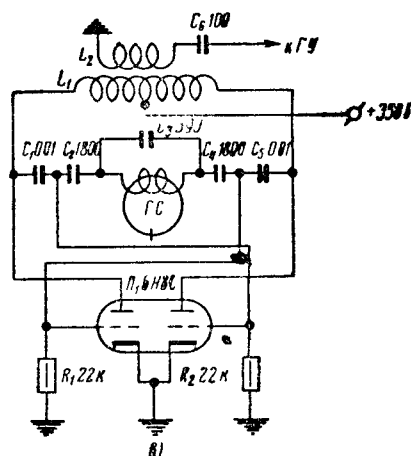
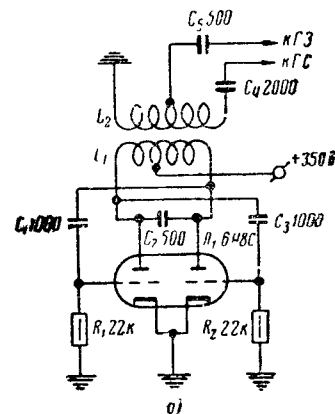
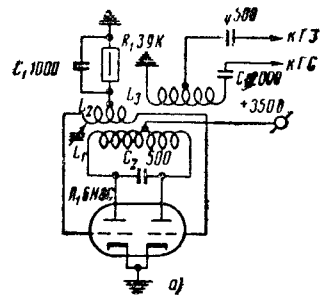


Рис. 79

Катушка связи  $L_3$  содержит 70+70 витков, ПЭВ-1 0,3.

На рис. 79, в дана схема двухтактного генератора, в котором индуктивность стирающей головки входит в контур генератора. Генератор рассчитан на использование высокоомной стирающей и универсальной головок. Частота генератора порядка 50 кГц.

Непосредственное включение стирающей головки в контур генератора (без катушки связи) позволяет несколько повысить КПД такого генератора.

Элементами обратной связи служат конденсаторы  $C_2$  и  $C_4$ . Катушки  $L_1$  и  $L_2$  размещаются в броневом сердечнике из карбонильного железа типа СБ-4а. Катушка  $L_1$  состоит из двух секций по 240 витков в каждой, провод ПЭВ-1 0,12. Катушка связи  $L_2$  содержит 400 витков, провод ПЭВ-1 0,12.

На рис. 80 представлена двухтактная схема генератора, выполненная на плоскостных триодах типа П4Г. Частота генерируемых колебаний порядка 25 кГц. Такая схема может найти применение в репортажных магнитофонах, питающихся от автомобильного аккумулятора.

Колебательный контур образован индуктивностью  $L_2$  и конденсатором  $C_1$ . Катушка трансформаторной обратной связи  $L_1$  включена в цепь эмитеров. Сопротивле-

ния  $R_1$  и  $R_2$  служат для подачи отрицательного напряжения на основания обоих триодов

Питание стирающей и записывающей головок производится от катушки связи генератора  $L_3$ . Катушки генератора  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$  помещаются в броневый сердечник из карбонильного железа СБ-5а.

Контурная катушка  $L_2$  состоит из двух секций по 160 витков в каждой, провод ПЭВ-1 0,29, отводы от 150-го витка.

Катушка трансформаторной обратной связи  $L_1$  также имеет две секции по 4 витка, провод ПЭВ-1 0,29.

Катушка связи  $L_3$  содержит 90 витков, провод ПЭВ-1 0,29.

Подробнее об использовании полупроводниковых приборов будет сказано в главе VII

Мы рассмотрели некоторые конкретные схемы генераторов для получения токов стирания и подмагничивания. Выбор той или иной схемы зависит от назначения магнитофона, его качественных показателей, а также от типа применяемых головок и звукоусилителя. Предпочтение, однако, следует отдавать двухтактным схемам генераторов.

**Монтаж генераторов.** В магнитофонах с общим усилителем для записи и воспроизведения генератор монтируется на шасси рядом с выходной лампой усилителя. Чтобы не создавать помех радиоприему, контур генератора заключают в экран, изготовленный из алюминия, меди или латуни, и располагают его вблизи генераторной лампы с таким расчетом, чтобы соединительные проводники были как можно короче. Генераторная лампа также должна быть заключена в экран.

Для предупреждения попадания токов в. ч. в источник питания провод, через который анодное напряжение подается на генераторную лампу, должен быть заблокирован конденсатором емкостью 0,5÷1 мкф. Для улучшения фильтрации высокочастотного тока в эту цепь желательно включить небольшое сопротивление. Сопротивления и конденсаторы рекомендуется расположить в непосредственной близости от ламповой панели. Провода, соединяющие катушки генератора с записывающей и стирающей головками, должны быть экранированы.

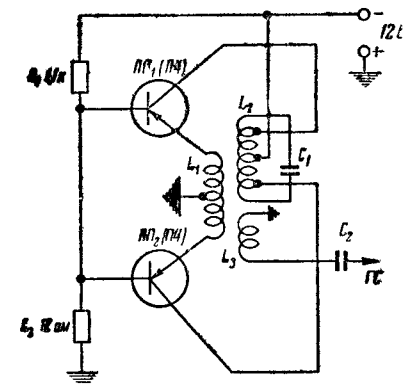


Рис. 80

В магнитофонах с отдельными усилителями для записи и воспроизведения генератор располагают на шасси усилителя записи.

**Размагничивающий электромагнит.** В процессе эксплуатации отдельные детали лентопротяжного механизма могут намагнититься, что вызовет дополнительные шумы при воспроизведении.

В портативных батарейных магнитофонах обычно нет генератора стирания, поэтому ленту приходится предварительно размагничивать. В обоих случаях для размагничивания можно использовать так называемый размагничивающий электромагнит с разомкнутой цепью и, следовательно, с большим полем рассеяния. Такой электромагнит применяется также для стирания ферромагнитных лент, имеющих высокую коэрцитивную силу.

Одна из конструкций размагничивающего электромагнита приведена на рис. 81.

Питание электромагнита производится от сети переменного тока частотой 50 гц,

прессшпанные прокладки, вырезанные по размерам пластин; толщина прокладок 1 мм; стальных пластин требуется 13 штук, прокладок — 8. Порядок сборки сердечника показан на рис. 81,б.

Каркас катушки изготавливают из текстолита или прессшпана. Катушку наматывают проводом ПЭВ-2 0,58. Состоит она из двух секций по 1000 витков. Намотка — рядовая, виток к витку. После каждого ряда прокладывают слой конденсаторной бумаги. Между секциями — два-три слоя лакоткани. При напряжении сети 127 в обе секции соединяются параллельно, а при напряжении 220 в — последовательно.

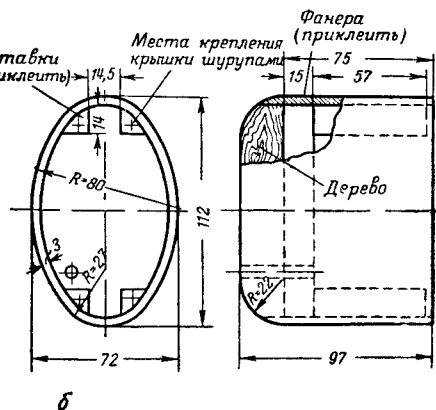
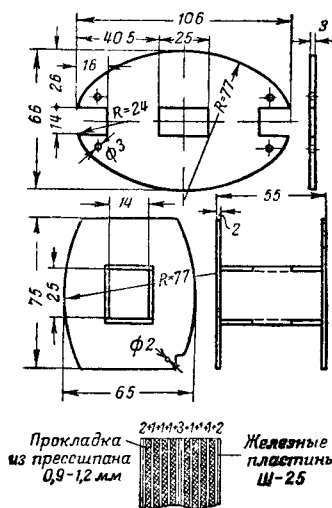
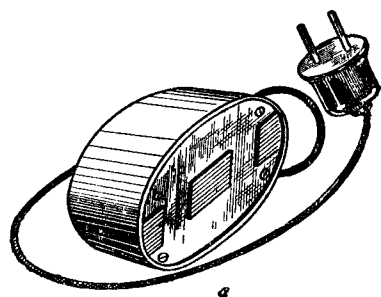


Рис 81

потребляемая мощность составляет примерно 60 вт. Сердечник размагничивающего электромагнита собирают из пластин трансформаторной стали Ш-25, между которыми вставляют

## Глава VII

### УСИЛИТЕЛИ ДЛЯ МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

#### ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ ЗВУКА

Запись производится обычно от микрофона или звуко-снимателя. Однако их мощность недостаточна для создания необходимой величины магнитного поля над рабочим зазором записывающей головки. Поэтому записываемый сигнал предварительно приходится усиливать. ЭДС воспроизводящей головки при воспроизведении не превышает нескольких милливольт, и, чтобы получить достаточно громкое воспроизведение записи, нужно также использовать усилитель.

В качестве усилительных элементов наряду с радиолампами в последнее время начали применяться полупроводниковые приборы.

Одной из отличительных особенностей усилителей для магнитной звукозаписи является то, что они должны иметь частотную характеристику определенного вида, чтобы скомпенсировать специфические искажения, возникающие в процессе магнитной записи.

Вид частотной характеристики (степень коррекции) таких усилителей зависит от скорости движения звуконосителя, ширины рабочих зазоров головок, качества звуконосителя и некоторых других факторов (см. главу I). Сложение всех частотных искажений, возникающих из-за специфических особенностей магнитного способа записи и воспроизведения, позволяет получить суммарную частотную характеристику магнитной записи. Такая характеристика, снятая для ленты типа С и головок с рабочим зазором 20 микрон при постоянстве амплитуды тока, протекающего через обмотку записывающей головки, и при линейной частотной характеристике усилителя воспроизведения, дана на рис. 82 (кривая I).

По горизонтальной оси отложены не частоты, а длины волн записанных колебаний; это делает характеристику независимой от скорости.

Пользуясь формулой  $\lambda = \frac{V}{f}$  можно пересчитать длину волны в частоту для любой выбранной нами скорости движения звуконосителя.

Из рассмотрения суммарной характеристики следует, что для получения равномерного усиления в широком диапазоне частот усилитель должен иметь частотную характеристику (кривая II), являющуюся зеркальным изображением кривой I.

Коррекция частотных искажений при магнитной звукозаписи может осуществляться несколькими способами. Например, применением специальных схем включения головок записи и воспроизведения; использованием электрических фильтров в усилителях при записи и воспроизведении; применением частотно-зависимой отрицательной обратной связи и т. п.

В простейших конструкциях магнитофонов при записи и воспроизведении необходимо осуществлять в цепях головок, что позволяет использовать любой усилитель с прямолинейной частотной характеристикой.

В высококачественных магнитофонах применяются отдельные усилители для записи и воспроизведения, в то время как в массовых и простейших любительских конструкциях обычно используется один универсальный усилитель, а переход от режима записи к режиму воспроизведения осуществляется путем коммутации входных и выходных цепей усилителя и корректирующих цепочек.

Одной из важных задач, которую приходится решать, при проектировании усилителей для магнитофонов, является распределение необходимой коррекции между отдельными элементами тракта магнитной записи.

Полная коррекция частотных искажений только в усилителе записи не применяется, так как слишком большой подъем усиления на низких частотах может привести к нелинейным искажениям за счет перегрузки звуконосителя. Если же для устранения перегрузки снизить величину выходного сигнала на средних частотах, то пропорционально уменьшится динамический диапазон записи.

Применение полной коррекции только в усилителе воспроизведения также невыгодно, но уже в отношении высоких частот. Дело в том, что большой относительный подъем высоких частот приводит к увеличению прослушиваемого шума усилителя при воспроизведении и, следовательно, вызывает

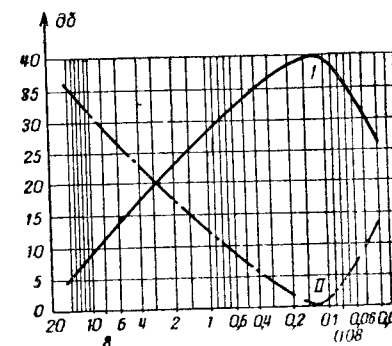


Рис. 82

сужение динамического диапазона. В связи с этим в промышленных магнитофонах высокочастотную коррекцию обычно распределяют поровну между каналами записи и воспроизведения, а коррекцию низких частот осуществляют только в канале воспроизведения.

Расчет необходимой коррекции можно произвести с помощью графика, показанного на рис. 82 (кривая II). Для этого, задавшись скоростью движения звуконосителя, пересчитывают длины волн в частоту. Затем по графику определяют

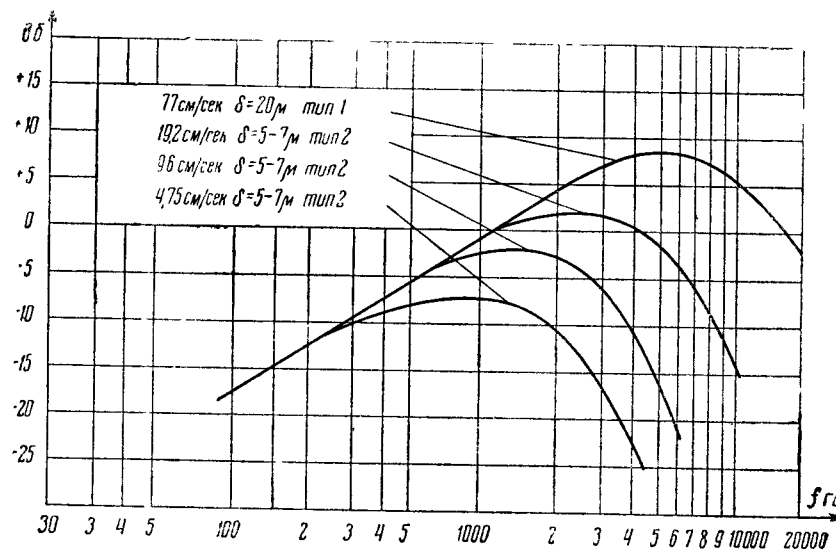


Рис. 83

степень коррекции частотной характеристики в выбранном диапазоне рабочих частот.

Учитывая описанный способ распределения коррекции, из полученной кривой можно определить коррекцию, приходящуюся на долю усилителя записи. Напомним, что под частотной характеристикой усилителя записи в магнитной звукозаписи понимается зависимость величины тока в записывающей головке от его частоты при постоянстве напряжения на входе усилителя.

Выбрав характеристику усилителя записи и рассчитав с помощью графика (кривая II) величину коррекции, приходящейся на долю усилителя воспроизведения, можно построить частотную характеристику этого усилителя.

На рис. 83 приведены суммарные частотные характеристики магнитной звукозаписи для разных типов головок, звуконосителей и скоростей движения.

В качестве примера приведем частотные характеристики отдельных элементов тракта магнитной записи при скорости движения звуконосителя 762 мм/сек (рис. 84).

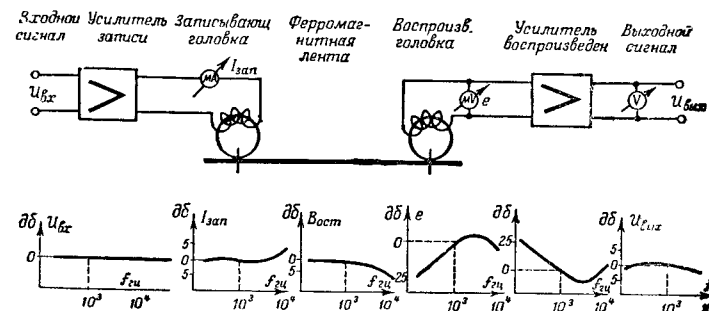


Рис. 84

В массовых и простых любительских магнитофонах, имеющих общий универсальный усилитель, для упрощения схемы иногда делают одинаковой частотную характеристику усилителя при записи и воспроизведении, а часть необходимой коррекции вводят непосредственно в цепь записывающей и воспроизводящей головок (рис. 85).

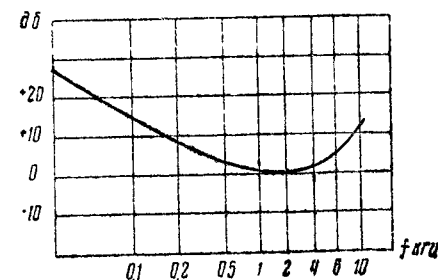


Рис. 85

Недостаток такого способа коррекции заключается в том, что при записи имеется подъем в области высоких и низких частот. Это заставляет снижать номинальную величину намагниченности звуконосителя на средних частотах, что приводит к увеличению относительного уровня шумов. Кроме того, подобные усилители без дополнительного регулятора тембра не обеспечивают качественного воспроизведения массовых магнитофильмов, запись которых производится без подъема низких частот.



Для качественного воспроизведения записи, сделанной на другом магнитофоне (при обмене записями), частотные характеристики обоих магнитофонов должны быть одинаковыми и в режиме записи и в режиме воспроизведения. Для этого в последнее время частотную характеристику усилителя воспроизведения стали оценивать величиной  $\tau$ . Дело в том, что при идеальной головке воспроизведения характеристика усилителя воспроизведения должна совпадать с кривой изменения полного сопротивления цепи, составленной из последовательно соединенных  $C$  и  $R$ , причем постоянная времени такой цепи  $\tau = RC$ . Для скорости 762 и 381 мм/сек она должна быть 35 мксек, для скорости 190,5 мм/сек — 100 мксек и для скорости 95,3 мм/сек — 200 мксек.

Наряду с особой формой частотной характеристики усилители для магнитной записи отличаются сравнительно высокой чувствительностью (большим коэффициентом усиления). Особенно это относится к усилителям воспроизведения. Поэтому конструирование таких усилителей сопряжено с известными трудностями. Объясняется это тем, что при большом коэффициенте усиления сильно сказываются шумы и наводки (особенно на входные цепи усилителя), а также приходится принимать специальные меры для обеспечения устойчивой работы.

В усилителях для магнитофонов, работающих при низких скоростях движения ферромагнитной ленты (95,3 и 47,6 мм/сек.), длина волн записанных колебаний получается небольшой и, следовательно, будут сильно сказываться «щелевые искажения», особенно на высоких частотах записи. Поэтому наряду с применением магнитных головок с уменьшенным эззором для таких магнитофонов в усилители вводится сравнительно высокая коррекция; это значительно усложняет конструкцию и схему подобных усилителей.

### УСИЛИТЕЛЬ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ

Усилитель воспроизведения усиливает сигнал, поступающий от воспроизводящей головки, и осуществляет его коррекцию, необходимую для получения равномерного усиления в широком диапазоне частот.

Нагрузкой усилителя воспроизведения служат: головные телефоны, динамический громкоговоритель или линия. Согласование нагрузки с выходным каскадом, как правило, осуществляется с помощью выходного трансформатора. Такие трансформаторы достаточно подробно описаны в литературе, посвященной усилителям низкой частоты, поэтому мы не будем на них останавливаться и перейдем к рассмотрению входных цепей усилителя воспроизведения.

**Входные цепи усилителя воспроизведения.** Наиболее

уязвимым местом усилителя воспроизведения с точки зрения влияния различных шумов и наводок является входной каскад, поэтому работа магнитофона в целом во многом зависит от того, насколько удачно выполнен вход усилителя.

При выборе схем и конструировании входных цепей усилителя приходится решать следующие основные вопросы: снижать до минимума уровень собственных шумов усилителя; бороться с фоном переменного тока и ослаблять влияние различных электромагнитных наводок (полей рассеяния двигателей, силовых трансформаторов и т. п.); выбирать схемы включения воспроизводящей головки.

Источником входной ЭДС усилителя воспроизведения является воспроизводящая головка. Величина входного напряжения при этом обычно не превышает нескольких милливольт, поэтому для получения качественного воспроизведения звука собственные шумы усилительных ламп должны быть незначительными. Уровень собственных шумов усилителя в основном определяется шумами первой лампы.

Известно, что у триодов уровень собственных шумов ниже, чем у пентодов; поэтому в первых каскадах усилителей для магнитной записи рекомендуется использовать триоды или пентоды в триодном включении. Так для двойного триода типа 6Н2П шумовое сопротивление в типовом режиме составляет 1500 ом, что соответствует шумовому напряжению 0,5 мкВ. Еще лучшие показатели обеспечивает лампа типа 6Н3П.

При использовании в первом каскаде усилителя триода уровень фона получается примерно в пять-семь раз меньше, чем при работе пентода (в случае одинакового усиления всего тракта). Возможно также использование некоторых типов пентодов, у которых подбором оптимального режима добиваются низкого уровня шумов.

Высокая чувствительность усилителя воспроизведения заставляет принимать специальные меры для уменьшения фона. Причинами появления фона могут быть плохая фильтрация анодного напряжения, накальные цепи при питании нитей накала переменным током, а также переменные магнитные поля силового трансформатора, двигателей, дросселей и т. п., оказывающие влияние из-за плохой экранировки или неудачного конструктивного размещения.

Для ослабления фона из-за пульсаций анодного напряжения необходимо использовать развязывающие фильтры  $RC$  в анодных цепях. Наличие таких фильтров наряду с уменьшением фона предотвращает самовозбуждение усилителя и делает его работу более устойчивой.

Важную роль для получения минимального уровня фона играет выбор ламп.

Величина фона при питании нитей накала ламп переменным током сильно зависит от утечки между катодом и нитью накала лампы. Поэтому в первых каскадах усилителей рекомендуется применять ламповые панели лучшего качества (желательно керамические). С этой же целью катодные сопротивления ламп первых каскадов необходимо блокировать конденсаторами большей емкости (50 мкф и более).

Желательно по возможности уменьшить величину катодного сопротивления. Хорошие результаты дает непосред-

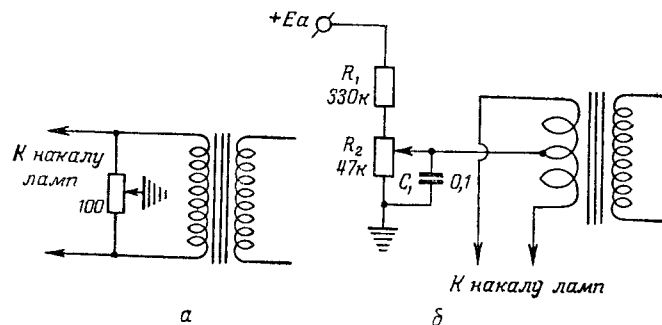


Рис. 86

ственное заземление катода. Необходимое сеточное смещение получается при этом за счет протекания сеточного тока по сопротивлению в цепи сетки. Величина сеточного сопротивления в этом случае берется порядка 3÷6 Мом. В высококачественных магнитофонах накал ламп первых каскадов обычно питается постоянным током. В массовых и любительских магнитофонах для снижения фона на первую лампу подают пониженное напряжение накала порядка 5 в (вместо 6,3 в).

Снижению фона способствует также заземление средней точки накальной обмотки силового трансформатора или включение параллельно ей потенциометра, имеющего сопротивление порядка сотни ом. Движок потенциометра соединяется с шасси, а его положение подбирается на слух по минимуму фона (рис. 86,а).

Таким образом удается снизить фон на 10—15 дб. Еще лучшие результаты получаются, если на обмотку накала подать небольшой положительный потенциал порядка 10—50 в. Это осуществляется с помощью потенциометра, включенного в цепь источника анодного напряжения (рис. 86,б).

Положение движка потенциометра  $R_2$  подбирается, как и в предыдущем случае, по минимуму фона

Важное значение для уменьшения наводок и фона имеют правильный монтаж и взаимное расположение отдельных деталей усилителя, особенно деталей, относящихся к входному каскаду (входные гнезда, входной трансформатор и т. п.).

Наиболее чувствительны к наводкам переменного тока входной трансформатор усилителя и воспроизводящая головка. Поэтому их необходимо особенно тщательно экранировать. Чем меньше габариты входного трансформатора, тем легче его экранировать

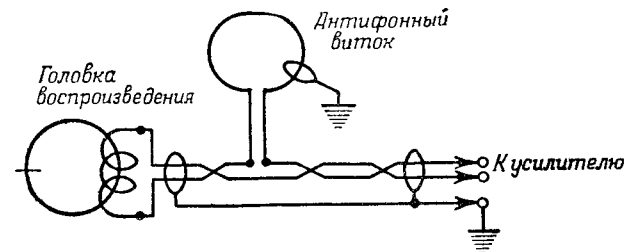


Рис. 87

Входной трансформатор должен иметь двойной экран. Внутренний экран изготовляют из пермаллоя, а наружный — из меди. В высококачественных магнитофонах входной трансформатор заключают в тройной экран. Наружный и внутренний экраны делают из пермаллоя, а между ними помещают медный.

Необходимость комбинированного экрана для входного трансформатора, так же как и для воспроизводящей головки, вызвана тем, что на высоких частотах экранирующее действие в основном оказывает медный экран, а на средних и низких частотах — пермалловый или стальной (подробное описание способов экранирования воспроизводящей головки дано в главе III).

Иногда прибегают к другим мерам борьбы с фоном (например, к включению последовательно с воспроизводящей головкой антифонного витка). Антифонный виток состоит из одножильного экранированного провода, согнутого в виде кольца. Его включают в разрыв провода, идущего от воспроизводящей головки к усилителю (рис. 87).

Размеры антифонного витка и его местоположение внутри лентопротяжного механизма подбирают опытным путем по минимуму фона на выходе усилителя воспроизведения.

Наиболее целесообразно включать антифонный виток в цепь низкоомной воспроизводящей головки. При использова-

нии высокоомных головок антифонный виток для обеспечения необходимой компенсации магнитных наводок должен иметь сравнительно большое число витков, что связано с увеличением его габаритов.

**Схемы включения воспроизводящей головки.** Качественные показатели усилителя воспроизведения в значительной степени зависят от уровня входного сигнала. Источником входной ЭДС в этом случае является воспроизводящая головка.

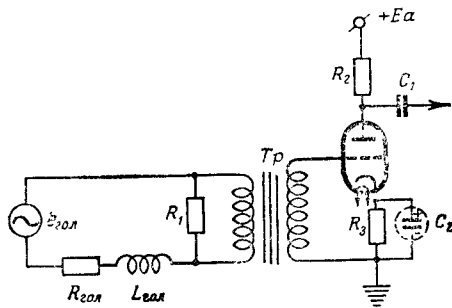


Рис. 88

Лишь при непосредственном подключении ее ко входу усилителя величина входного сигнала и ЭДС головки равны между собой. Однако обычно воспроизводящую головку нагружают на активное сопротивление, входной трансформатор или с помощью конденсатора настраивают цепь головки в резонанс. При этом входное напряжение не равно ЭДС головки, а зависит от параметров схемы входного устройства.

Соответствующим выбором схемы и параметров входного устройства можно получить наивыгоднейшую зависимость уровня входного напряжения от частоты и в то же время обеспечить достаточную степень перекрытия собственных шумов ламп, усилителя и фона.

Низкоомные воспроизводящие головки, как правило, подключают к управляющей сетке первой лампы усилителя через повышающий входной трансформатор.

Известно, что ЭДС воспроизводящей головки возрастает пропорционально частоте тока. Поэтому для коррекции частотной характеристики воспроизводящей головки параллельно ей включают небольшое сопротивление (в пределах 100—200 ом).

Действие этого сопротивления удобно проследить на упрощенной эквивалентной схеме шунтированной воспроизводящей головки (рис. 88).

Напряжение на первичную обмотку входного трансформатора  $Tr$  снимается с сопротивления  $R_1$ , последовательно с которым включены омическое сопротивление головки  $R_{гол}$  (порядка нескольких ом) и ее индуктивное сопротивление, равное  $2\pi f L_{гол}$ . Для низкоомной воспроизводящей головки, имеющей индуктивность  $L_{гол}$ , равную 60 мГн, индуктивное сопротивление на частотах 100; 1000 и 10 000 Гц будет соответственно 38; 380; 3800 ом.

Таким образом, получают частотозависимый делитель напряжения. С ростом частоты возрастает ЭДС головки, но одновременно растет и ее индуктивное сопротивление. Подбором сопротивления  $R_1$  можно получить в заданном диапазоне частот достаточную равномерность амплитуды напряжения на первичной обмотке входного трансформатора, особенно в области низких и средних частот.

Применение входного трансформатора позволяет получить большую величину отношения  $\frac{\text{сигнал}}{\text{шум}}$ . Хотя использование низкоомной воспроизводящей головки в сочетании с трансформатором и удорожает аппаратуру, однако позволяет исключить влияние емкости соединительного кабеля на частотную характеристику тракта в области высоких частот. Объясняется это тем, что емкостное сопротивление кабеля даже при его значительной длине оказывается много больше индуктивного сопротивления низкоомной головки.

Для качественного воспроизведения звука коэффициент трансформации входного трансформатора должен быть порядка 1 : 60. В профессиональных магнитофонах иногда используется двухполосный трансформаторный вход, представляющий собой последовательное включение двух трансформаторов, один из которых работает в области высоких и средних частот, а другой — в области низких частот (рис. 89).

Трансформатор  $Tr_2$  с большим коэффициентом трансформации (1 : 220) работает на низких частотах, а трансформатор  $Tr_1$  с коэффициентом трансформации 1 : 50 — на средних и высоких частотах.

Данные трансформаторов приведены в табл. 9.

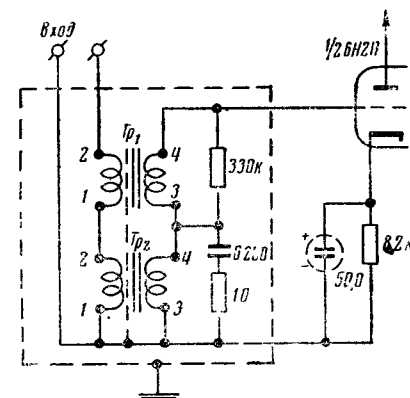


Рис. 89

Таблица 9

	Обмотка	Число витков	Провод	Способ* намотки	Сердечник
$Tr_2$	1—2 3—4	100 22 000	ПЭЛ 0,2 ПЭЛ 0,05	Каркасная рядовая Каркасная рядовая	Пермаллой Ш12×30 вперекрыш- ку
$Tr_1$	1—2 3—4	40 2000	ПЭЛ 0,2 ПЭЛ 0,05	Галетная Каркасная рядовая	Пермаллой Ш12×15 вперекрыш- ку

\* В трансформаторе  $Tr_2$  изоляция между обмотками—два слоя лакоткани. Между обмотками прокладывается электростатический экран из незамкнутого витка алюминиевой фольги 0,05 мм. В трансформаторе  $Tr_1$  изоляция между слоями—конденсаторная бумага. Галету необходимо экранировать слоем алюминиевой фольги без соединения встык.

В любительских условиях такие трансформаторы сделать довольно трудно. Кроме того, их восприимчивость к влиянию внешних магнитных полей требует сложной и тщательной экранировки. Поэтому низкоомные воспроизводящие головки применяются, как правило, только в высококачественных стационарных магнитофонах.

Высокоомные воспроизводящие головки можно включать без повышающего трансформатора. Во избежание завала частотной характеристики за счет емкости кабеля длина соединительного кабеля не должна быть слишком большой. Наряду с высокоомными универсальными головками высокоомные воспроизводящие головки больше всего подходят для массовых и любительских магнитофонов.

Простейшая схема включения воспроизводящей головки показана на рис. 90,а. Головку соединяют непосредственно с управляющей сеткой первой лампы усилителя воспроизведения. В этом случае напряжение на входе усилителя равно ЭДС головки и, следовательно, величина входного сигнала будет сильно изменяться с изменением частоты.

Для выравнивания частотной характеристики воспроизводящей головки ее шунтируют сопротивлением. Схема включения высокоомной воспроизводящей головки на нагрузочное сопротивление приведена на рис. 90,б.

Однако таким способом не удастся полностью скорректировать частотную характеристику всего тракта на нижних частотах. Для этого потребуется слишком малая величина сопротивления  $R_1$ , что снизит входное напряжение усилителя

на всех частотах. Обычно сопротивление  $R_1$  выбирают таким образом, чтобы на нижней частоте рабочего диапазона напряжение на управляющей сетке первой лампы составляло 70—80% от ЭДС, развиваемой головкой.

Такая схема обеспечивает лишь частичную коррекцию, поэтому в усилителе воспроизведения должен быть предусмотрен дополнительный подъем низших частот. Недостатком такой схемы является и то, что включение нагрузочного сопротивления снижает входное напряжение усилителя воспроизведения и приводит к увеличению относительного уровня собственных шумов ламп и фона переменного тока.

В магнитофонах с низкой скоростью движения ферромагнитной ленты имеется значительный завал на верхних частотах. Применением резонансной схемы включения воспроизводящей головки можно зна-

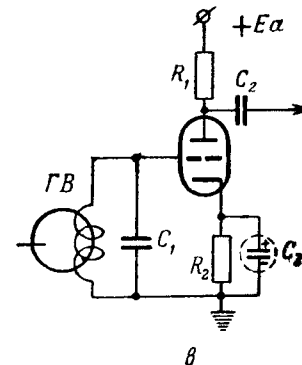
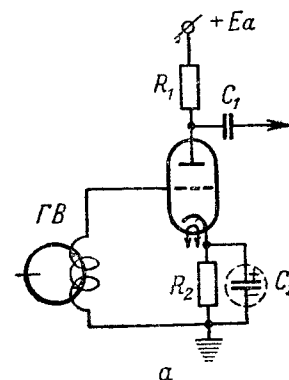
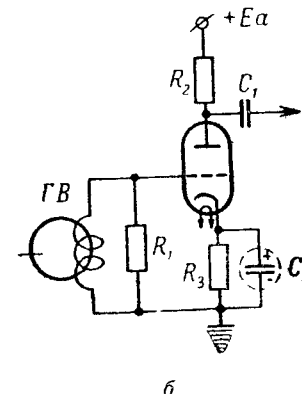


Рис. 90

чительно повысить входное напряжение на этих частотах, упростив тем самым схему и конструкцию усилителя.

Резонансная схема включения воспроизводящей головки дана на рис. 90,в. Входное устройство в этом случае представляет собой последовательный колебательный контур, образованный индуктивностью обмотки головки и конденсато-

ром  $C_1$ , а также собственной емкостью обмотки  $C_0$  и входной емкостью лампы и монтажа.

Такое включение головки позволяет получить выигрыш в уровне входного сигнала на частотах, близких к резонансной

На рис. 91 показана зависимость напряжения на входе усилителя при непосредственном подключении воспроизводящей головки (кривая 1) и при резонансной схеме вклю-

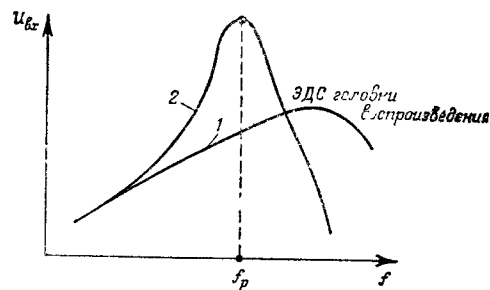


Рис. 91

чения (кривая 2). Сравнивая эти кривые, мы видим, что на нижних частотах они совпадают. С увеличением частоты напряжение на входе усилителя при резонансной схеме включения головки растет быстрее, чем в случае непосредственного подключения головки. Из этого следует, что резонанс целесообразно создавать лишь на верхней рабочей частоте. Емкость конденсатора  $C_1$  рассчитывают по формуле

$$C_1 = \frac{25 \cdot 10^3}{f_v L} - C_0 (нф),$$

где  $f_v$  — высшая рабочая частота, кГц;

$L$  — индуктивность головки, гн;

$C_0$  — собственная емкость обмотки, нф (ее можно принять равной 200 нф).

Выигрыш в напряжении при резонансной схеме включения головок получается тем больший, чем ниже выбрана резонансная частота. Это объясняется тем, что с ростом частоты увеличиваются потери в сердечнике воспроизводящей головки

Обычно такие схемы используют в магнитофонах с верхней рабочей частотой, не превышающей 5000—8000 гц. Резонансная схема включения головки позволяет снизить относительный уровень собственных шумов ламп по сравнению со схемой непосредственного включения головки (так

как площадь характеристики входного напряжения в рабочем диапазоне частот, определяющая степень перекрытия собственных шумов ламп усилителя при резонансной коррекции, будет больше).

На низких частотах входное напряжение в обеих схемах получается примерно одинаковым, следовательно, резонанс-

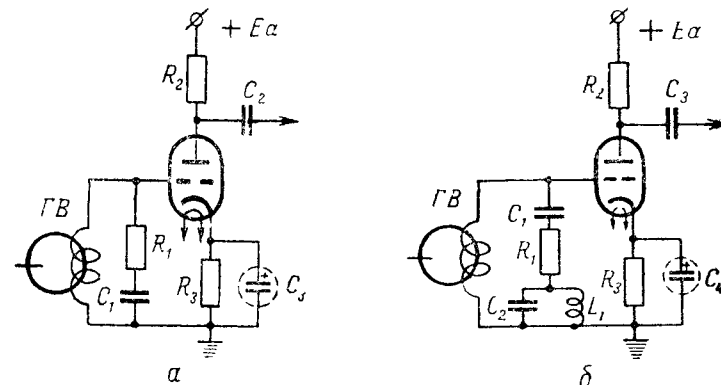


Рис. 92

ная схема включения воспроизводящей головки, показанная на рис. 90, б, не дает снижения относительного уровня фона. Смещая резонанс в нижнюю часть рабочего диапазона, можно повысить входное напряжение на низких частотах, однако при этом на частотах выше резонансной получится значительный проигрыш в напряжении.

Чтобы входное напряжение на высоких частотах уменьшилось не так сильно, последовательно с конденсатором  $C_1$  включают ограничительное сопротивление  $R_1$  (рис. 92, а).

Такая схема входа по сравнению со схемой, изображенной на рис. 90, в, имеет относительно малый уровень фона, но здесь сильнее сказываются собственные шумы ламп, так как на средних и высоких частотах получается меньшее напряжение сигнала.

На рис. 92, б дана схема включения воспроизводящей головки, обеспечивающая подъем на низких и высоких частотах. Такая схема коррекции в цепи головки позволяет использовать для воспроизведения обычный усилитель с линейной частотной характеристикой.

Для эффективной работы резонансной схемы входное сопротивление усилителя должно быть достаточно высоким; в этом случае первый каскад усилителя не должен иметь отдельного сопротивления в цепи сетки

В цепи головок производят лишь частичную коррекцию частотной характеристики, остальную коррекцию осуществляют в усилителях.

**Схемы коррекции частотной характеристики усилителя воспроизведения.** Как указывалось, усилитель воспроизведения должен иметь специальную форму частотной характеристики. Это достигается включением в схему корректирующих

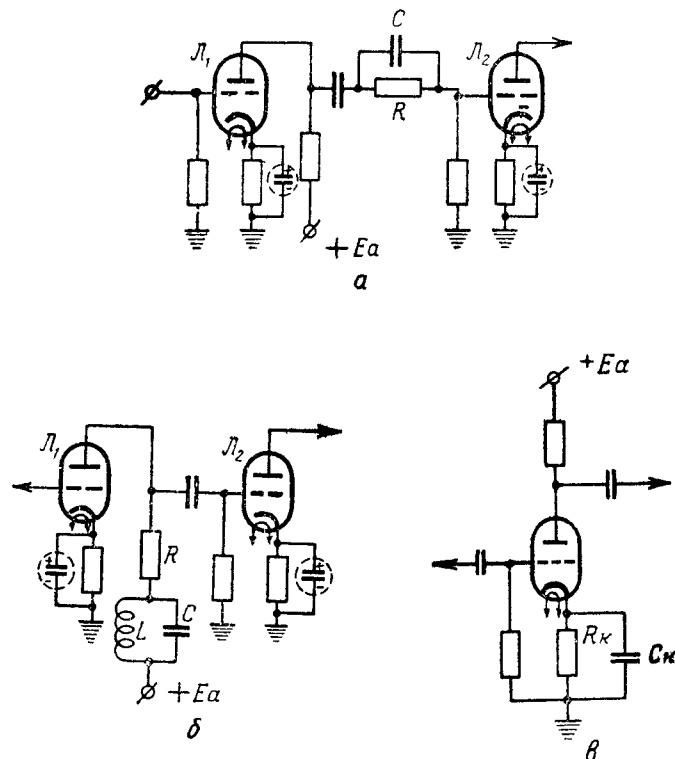


Рис. 93

элементов. При воспроизведении коррекция осуществляется как на низких, так и на высоких частотах.

Рассмотрим несколько наиболее распространенных схем коррекции частотной характеристики усилителей воспроизведения

**Схемы для подъема усиления на высоких частотах.** Простейшая схема, обеспечивающая подъем частотной характеристики в области высоких частот, показана на рис. 93, а. Корректирующими элементами служат сопротивление  $R$  и параллельно подключенный к нему конденсатор  $C$

Схема коррекции с контуром в анодной цепи представлена на рис. 93, б. Контур настраивается обычно на высшую рабочую частоту и позволяет получить крутой подъем усиления на высоких частотах. Сопротивление, включенное последовательно с контуром, является в основном нагрузкой для низких и средних частот. Чем меньше сопротивление  $R$ , тем относительно больший подъем высоких частот может дать каскад

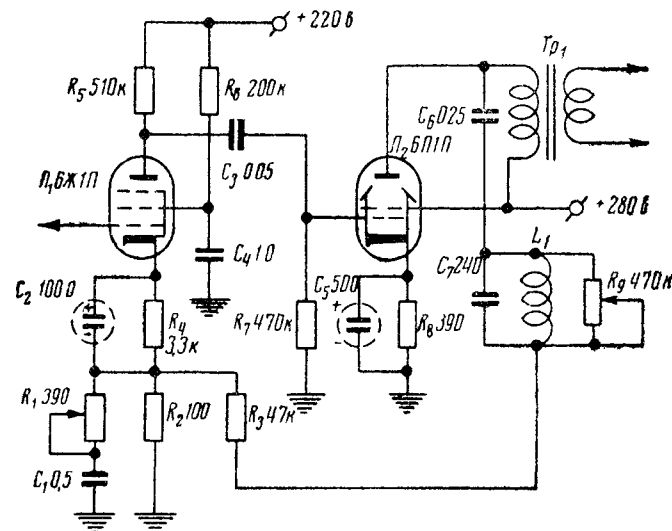


Рис. 94

Схема коррекции высоких частот путем использования напряжения отрицательной обратной связи, образующейся на катодном сопротивлении  $R_k$ , дана на рис. 93, в. Уменьшая емкость конденсатора  $C_k$ , можно получить подъем усиления на высоких частотах.

Чтобы избежать появления фона, наводимого накальной цепью, эту схему коррекции обычно используют в предоконечном и оконечном каскадах усилителя, то есть там, где звуковое напряжение имеет сравнительно большую величину

Для плавной регулировки подъема усиления на высоких частотах можно использовать схему, изображенную на рис 94

Напряжение отрицательной обратной связи с анода выходного каскада через частотнозависимые элементы подается в катод предварительного каскада. В цепи обратной связи

зи включены конденсатор  $C_2$ , контур  $L_1C_3$ , настроенный на частоту 14 кгц, шунтированный переменным сопротивлением  $R_4$ . Омический делитель напряжения, состоящий из сопротивлений  $R_2$  и  $R_3$ , причем сопротивление  $R_2$ , являющееся частью катодного сопротивления лампы предварительного каскада, в свою очередь, шунтируется цепочкой, состоящей из конденсатора  $C_1$  и переменного сопротивления  $R_1$ .

Работа такой схемы заключается в следующем. При закороченном (с помощью сопротивления  $R_4$ ) резонансном кон

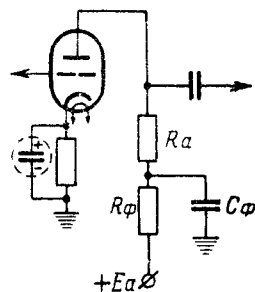


Рис 95

туре переменное анодное напряжение подается на катод предварительного каскада в отрицательной фазе, снижая усиление обеих ламп. В зависимости от емкости конденсатора  $C_1$  и положения движка переменного сопротивления  $R_1$  напряжение отрицательной обратной связи, поступающее на сопротивление  $R_2$ , уменьшается, причем тем сильнее, чем выше частота. Таким образом, сопротивлением  $R_1$  можно осуществить регулировку частотной коррекции вплоть до частоты 14 кгц на 10 дб относительно частоты 1000 гц.

Аналогичное действие оказывает изменение степени шунтирования контура  $L_1C_3$  переменным сопротивлением  $R_4$ , однако контур оказывается более избирательным в области высоких частот и обеспечивает максимальную коррекцию частотной характеристики до 20 дб.

Совместное действие корректирующих элементов обеспечивает частотную коррекцию усилителя в области высоких частот до 30 дб, что бывает необходимо при использовании низкой скорости движения звуконосителя.

**Схемы для подъема усиления на низких частотах.** Широкое распространение получила схема коррекции с RC-фильтром в анодной цепи усилительной лампы (рис. 95).

Для подъема усиления на низких частотах применяется

схема с делителем напряжения (рис. 96, а). Верхнее плечо делителя является активным сопротивлением  $R_1$ , а нижнее, с которого снимается сигнал, — емкостью  $C$  и последовательно включенным активным сопротивлением  $R_2$ .

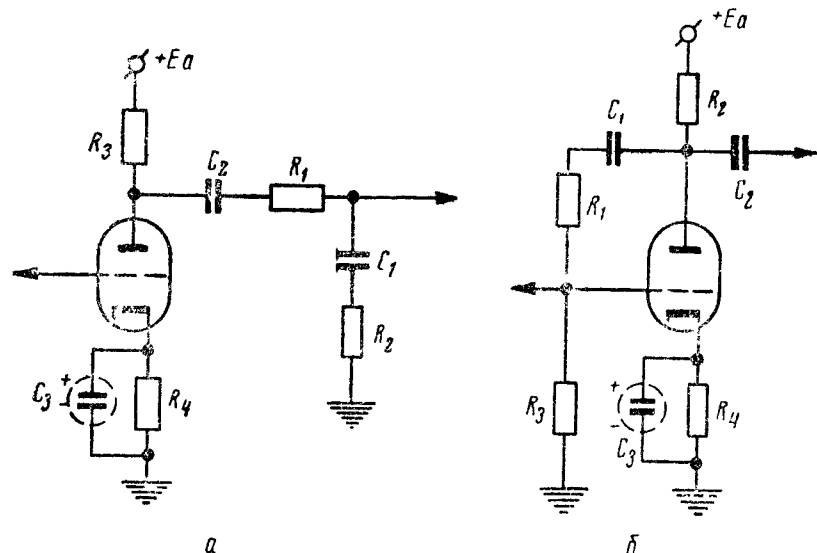


Рис 96

С увеличением частоты сопротивление конденсатора  $C$  уменьшается, что приводит к сильному спаду частотной характеристики. Однако на частотах, где сопротивление конденсатора  $C$  становится значительно меньше сопротивления  $R_2$ , спад частотной характеристики прекращается, а делитель превращается в обычный делитель из активных сопротивлений  $R_1$  и  $R_2$ .

Другая схема коррекции низких частот, позволяющая получить такую же форму частотной характеристики, как и в предыдущей схеме, показана на рис. 96, б. Частотозависимый делитель включен в цепь отрицательной обратной связи.

## УСИЛИТЕЛЬ ЗАПИСИ

Требования к усилителю записи в отношении шумов, фона, коэффициента нелинейных искажений и т. п. остаются такими же, как и для усилителя воспроизведения. Однако, учитывая, что мощность, потребляемая головкой записи, гораздо меньше, чем мощность, необходимая для работы на

линию или динамический громкоговоритель, можно значительно уменьшить коэффициент усиления такого усилителя по сравнению с усилителем воспроизведения. Необходимая коррекция усилителя записи в области высоких частот может осуществляться с помощью тех же схем, которые используются в усилителе воспроизведения.

**Входные цепи усилителя записи.** Источником входного сигнала усилителя записи могут служить: микрофон, звуко-сниматель, линия или детектор радиовещательного приемни-

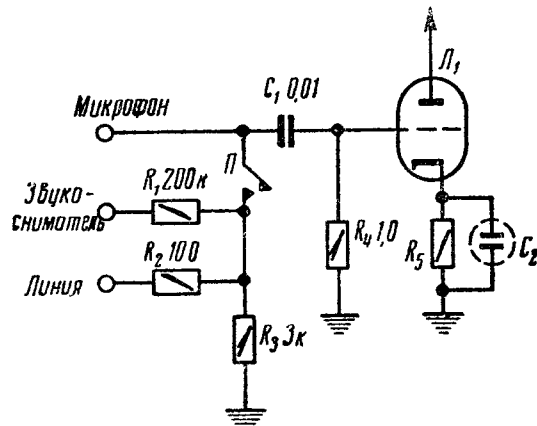


Рис. 97

ка. Ввиду различных уровней входных напряжений, создаваемых указанными источниками сигнала, на входе усилителя записи предусматривается включение делителя. На рис. 97 приведена схема такого делителя. В массовых магнитофонах микрофон непосредственно подключается к управляющей сетке лампы первого каскада усилителя записи. Для этой цели используются обычно динамические или пьезоэлектрические микрофоны. Последние имеют более высокую отдачу (чувствительность пьезоэлектрического микрофона на частоте 1000 гц составляет 2,5 мв/бар, а динамического — 0,3 мв/бар).

Пьезоэлектрические микрофоны очень чувствительны к изменению внешних атмосферных условий и механическим согресаниям, поэтому в высококачественных магнитофонах они не используются. Чтобы не снижать динамического диапазона записи, в высококачественных магнитофонах динамический микрофон подключают к усилителю записи через повышающий трансформатор, имеющий коэффициент трансформации порядка  $1 \cdot 10$ ,  $1 \cdot 17$ . В отдельных случаях бывает необхо-

димо осуществить комбинированную запись (например, речь на фоне музыки). Для этого усилитель записи должен иметь два входа с отдельной регулировкой уровня сигнала по каждому из входных каналов.

В простейших магнитофонах такую запись (речи и музыки) можно производить с помощью микрофона и звуко-снимателя. Обычно для этой цели берется электропроигрыватель, имеющий свой регулятор громкости, который и используется в качестве второго органа регулировки уровня сигнала.

В качестве примера на рис. 98 приведена схема усилителя записи, имеющая два отдельных входа. Обмотки каждого из входных трансформаторов размещаются на двух катушках, имеющих средние щетки. Сердечник собирается из пермалловых пластин Г6 вперекрышку, толщина набора 9 мм. Схема обмоток показана на рис. 98. Намоточные данные одной из катушек приведены в табл. 10.

	Обмотка	Число витков	Провод	Способ намотки
1 катушка	1—2	150 + 150	ПЭЛ 0,08	Рядовая в двух секциях
	3—4	1250 + 1250	ПЭЛ 0,05	
	5—6	1250 + 1250	ПЭЛ 0,05	

**Выходные цепи усилителя записи.** Нагрузкой усилителя записи служат записывающая или универсальная головка.

При выборе лампы в выходном каскаде усилителя записи следует иметь в виду, что для того, чтобы достичь постоянства тока записи в головке в широком диапазоне частот, головку следует включать в цепь источника сигнала с большим внутренним сопротивлением. Если это условие не соблюдается, то с увеличением частоты возрастает сопротивление головки ( $\omega L_{\text{гол}}$ ), а следовательно, уменьшаются ампервитки, намагничивающие звуконоситель.

Это особенно важно учитывать при работе с высокоомными головками, поэтому при использовании последних желательно применять пентоды, внутреннее сопротивление которых достаточно велико. Для обеспечения постоянства тока в цепи записывающей головки с изменением частоты, последовательно с записывающей головкой включают корректирующую RC цепочку. При использовании триода последовательно с высокоомной головкой приходится включать сравнительно большое сопротивление, причем чем выше частотный



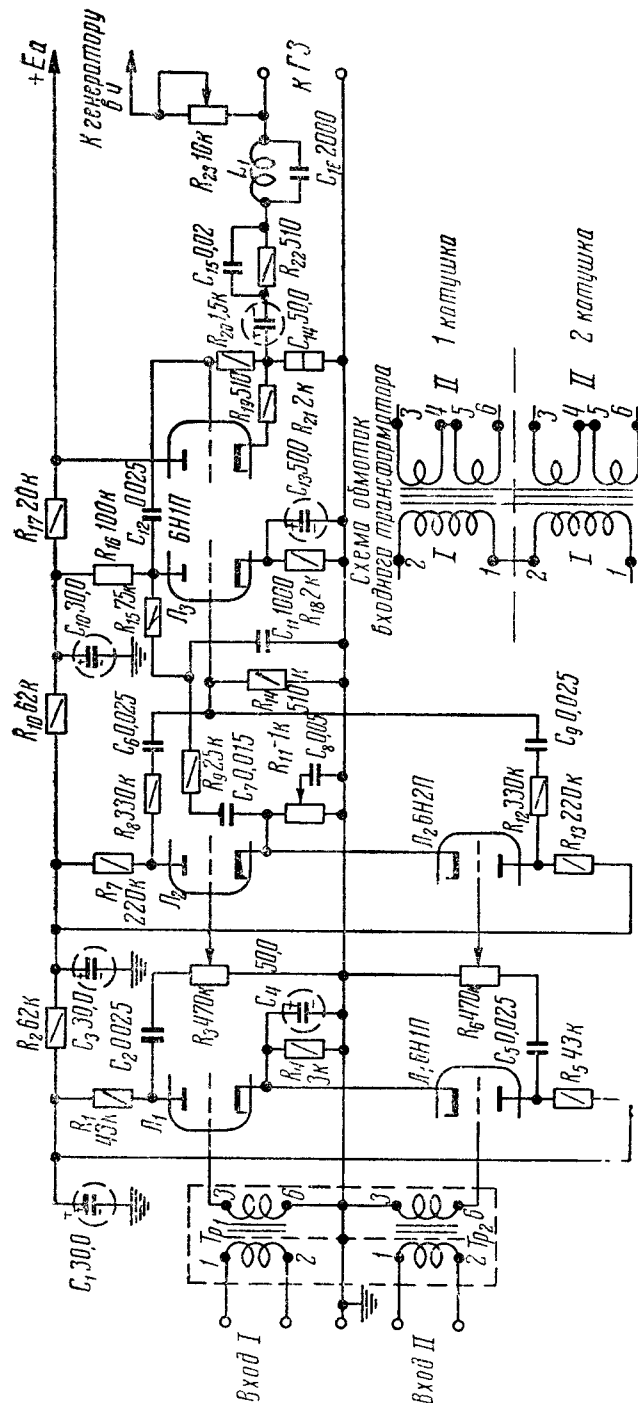


Рис 98

диапазон записи, тем больше величина этого сопротивления. А так как на этом сопротивлении падает значительная часть переменного напряжения, развиваемого лампой, то может оказаться, что из анодной цепи лампы нельзя будет снять необходимой мощности.

Низкоомные записывающие головки подключают обычно к вторичной обмотке выходного трансформатора или на выход катодного повторителя. При этом ток высокочастотного подмагничивания и напряжение звуковой частоты можно подавать в записывающую головку по параллельной или последовательной схеме. Преимущества и недостатки каждой из этих схем рассмотрены в главе VI.

Высокоомные универсальные головки можно включить непосредственно в анодную цепь оконечного каскада (включение производится через разделительный конденсатор, исключаящий намагничивание головки постоянной составляющей анодного тока лампы); параллельная схема включения высокоомной универсальной головки приводилась на рис. 75.

#### ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ В УСИЛИТЕЛЯХ МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Разработанные в последние годы полупроводниковые приборы, не уступающие по ряду параметров электронным радиолампам, позволяют по-новому решать вопросы создания компактной и экономичной аппаратуры для магнитной звукозаписи.

Не вдаваясь в подробности физических процессов, происходящих при работе полупроводниковых приборов, рассмотрим лишь основные схемные особенности применения плоскостных полупроводниковых приборов, которые необходимо знать при конструировании такой аппаратуры.

Достоинствами полупроводниковых приборов по сравнению с электронными радиолампами являются их малый вес и габариты. Полупроводниковые приборы значительно экономичнее радиоламп, так как не приходится расходовать мощность для цепей накала. Срок службы их во много раз превышает срок службы даже наиболее долговечных электронных радиоламп. Высокая механическая прочность и отсутствие микрофонного эффекта делают использование полупроводниковых приборов особенно ценным в переносных магнитофонах.

К недостатку германиевых приборов следует отнести сравнительно большую зависимость параметров от окружающей температуры, что требует специальных мер по температурной стабилизации.

Полупроводниковые приборы имеют более высокий уровень шумов, чем электронные лампы; это затрудняет их ис-

пользование в первых каскадах высокочувствительных усилителей. Некоторое снижение уровня шумов может быть достигнуто подбором полупроводникового триода и выбором

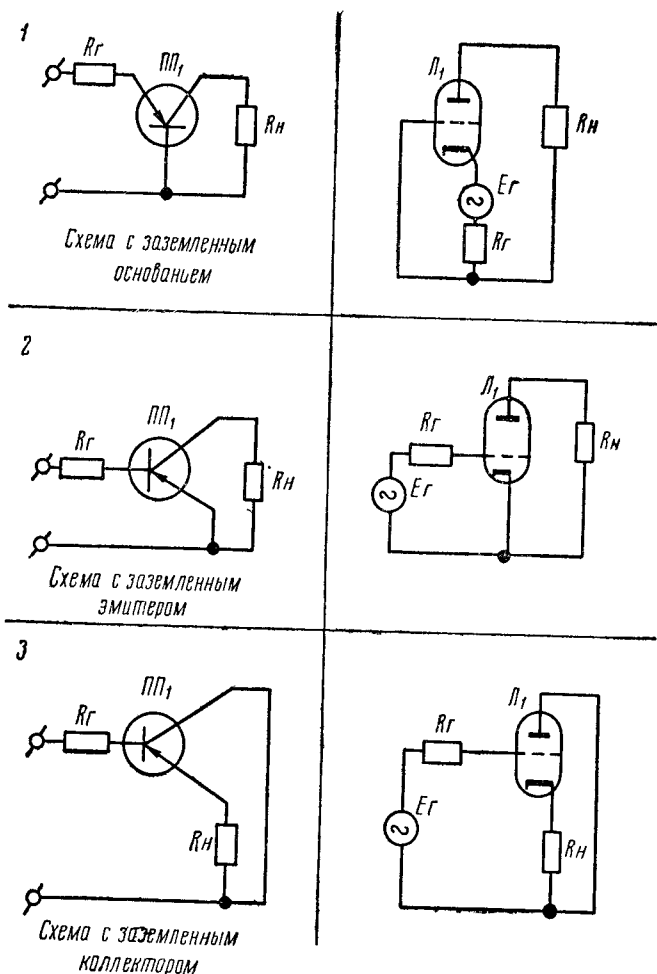


Рис. 99

режима его работы (обычно коллекторное напряжение триода снижается до 0,5 в).

К недостаткам полупроводниковых приборов следует также отнести малую величину их входного сопротивления.

Существуют три основные схемы включения полупроводниковых триодов, которые по ряду свойств можно уподобить аналогичному включению электронной лампы (рис. 99).

1. Схема с заземленным (общим) основанием, подобная включению электронной лампы по схеме с заземленной сеткой

2. Схема с заземленным (общим) эмитером, подобная включению электронной лампы по схеме с заземленным катодом (усиленное напряжение поворачивается по фазе на  $180^\circ$ ).

3. Схема с заземленным (общим) коллектором, подобная включению электронной лампы по схеме с заземленным анодом (катодный повторитель).

Для расчета приведенных выше схем применяются следующие обозначения:

- $\alpha$  — статистический коэффициент усиления по току;
- $r_o$  — сопротивление основания (базы);
- $r_k$  — сопротивление коллекторного перехода;
- $r_e$  — сопротивление эмитерного перехода;
- $r_z$  — сопротивление эквивалентного генератора в цепи коллектора;
- $R_z$  — внутреннее сопротивление источника напряжения;
- $R_n$  — сопротивление нагрузки;
- $K_u, K_i$  — коэффициенты усиления соответственно по напряжению и току;
- $K_p$  — коэффициент усиления по мощности.

В табл. 11 приведены упрощенные формулы, которые с достаточной для практики точностью можно использовать при расчетах каскадов на полупроводниковых приборах.

Из сравнения формул видно, что наибольшее входное сопротивление  $R_{вх}$  получается в схеме с заземленным коллектором, а наименьшее при заземленном основании. Наибольшее выходное сопротивление  $R_{вых}$  дает схема с заземленным основанием, а наименьшее — при заземленном коллекторе. Коэффициенты усиления по напряжению в схемах с заземленным основанием и заземленным эмитером равны, а в схеме с заземленным коллектором порядка 1. Наибольший коэффициент усиления по мощности получается в схеме с заземленным эмитером. Наименьшая разница в величинах входного и выходного сопротивлений (что важно для согласования в многокаскадных усилителях) получается в схеме с заземленным эмитером.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать следующие рекомендации для конструирования усилителей магнитной звукозаписи на полупроводниковых приборах.

В случае применения каскадов на сопротивлениях наилучшее согласование дает схема с заземленным эмитером

Каскад, выполненный по схеме с заземленным коллектором, имеет сравнительно большую величину входного сопро-

Таблица 11

Схема	$R_{ax}$	$R_{gax}$	$K_t$	$K_u$	$K_p$
Заземленное основание	$r_s + r_o(1 - a)$	$r_k \frac{r_s + r_o(1 - a) + R_2}{r_s + r_o + R_2}$	$a$	$\frac{a R_k}{r_s + r_o(1 - a)}$	$\frac{a^2 R_k}{r_s + r_o(1 - a)}$
Заземленный эмитер	$r_o + \frac{r_s}{1 - a}$	$r_k(1 - a) + r_s \frac{r_2 + R_2}{r_s + r_o + R_2}$	$\frac{a}{1 - a}$	$\frac{-a R_k}{r_s + r_o(1 - a)}$	$\frac{a^2 R_k}{(1 - a)[r_s + r_o(1 - a)]}$
Заземленный коллектор	$\frac{R_k}{1 - a}$	$r_s + (r_o + R_2)(1 - a)$	$\frac{1}{1 - a}$	1	$\frac{1}{1 - a}$

тивления (порядка 50 ком) и может использоваться как во входном каскаде, так и в качестве согласующего элемента между двумя усилительными каскадами. В каскадах усилителя мощности следует использовать схему с заземленным эмитером, когда требуется обеспечение максимальной выходной мощности, и схему с заземленным основанием, когда требуется получить несколько меньшую выходную мощность, но с малым уровнем нелинейных искажений.

Выбор рабочей точки триода определяется напряжением эмитер — основание. В схеме с заземленным эмитером необходимое смещение между основанием и эмитером получается путем соединения основания с минусом источника питания через сопротивление в несколько сот ком. Подбором этого сопротивления устанавливается необходимое смещение, а следовательно, величина эмитерного тока триода (рис 100).

В схеме с заземленным эмитером с целью температурной стабилизации и для увеличения линейности амплитудной характеристики, а также для повышения входного сопротивления применяют отрицательную обратную связь.

Для этого в цепь эмитера включается сопротивление  $R_s$ , которое действует аналогично сопротивлению в цепи катода электронной лампы, обеспечивая отрицательную обратную связь по току.

При увеличении сопротивления в цепи эмитера  $R_s$  усиление каскада падает, а входное сопротивление возрастает.

Если при малых уровнях сигнала в многокаскадном усилителе можно использовать схему с заземленным эмитером на сопротивлениях, то при сравнительно больших уровнях сигнала (например, на выходе предоконечного каскада) входное сопротивление оконечного триода может сильно меняться при изменении сигнала. Это может привести к значительным нелинейным искажениям, если сопротивление генератора (выходное сопротивление предоконечного каскада) не будет согласовано с входным сопротивлением последующего триода.

Как показывают эксперименты, оптимальная величина сопротивления генератора соизмерима с входным сопротивлением триода в схеме с заземленным эмитером. Поэтому

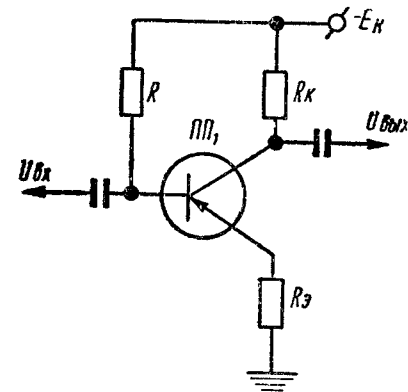


Рис 100

для уменьшения нелинейных искажений и наилучшего использования усилительных свойств триода предварительный каскад согласуют с выходным с помощью трансформатора (рис. 101).

Выбор схемы выходного каскада зависит от требований, предъявляемых к усилителю. Согласование с нагрузкой производится обычно с помощью трансформатора. Для расчетов необходимо знать оптимальную величину нагрузки, пе-

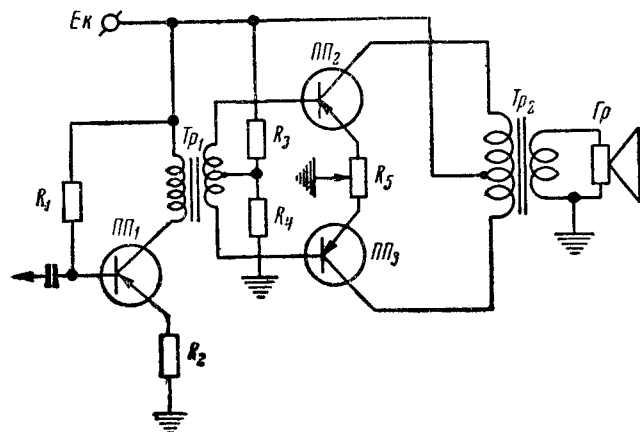


Рис 101

ресчитанную в цепь коллектора. Эта величина зависит от режимов усиления и питания по постоянному току. Так, для триода П-2 величина приведенной нагрузки в цепи коллектора составляет (в режиме усиления класса А и при напряжении источника питания 30 в) примерно 5 ком. Для триода ПЗ при напряжении источника 25 в величина приведенной нагрузки в цепи коллектора составляет около 150 ом.

Часто в выходных каскадах используется двухтактная схема включения триодов, которая позволяет получить большую величину выходной мощности и меньший уровень нелинейных искажений. Такая схема значительно менее критична к пульсациям источника питания. Расчет двухтактного оконечного каскада в режиме усиления класса А производится так же, как и одноктактного каскада. Коэффициент трансформации выходного трансформатора рассчитывается с учетом того, что приведенное сопротивление нагрузки в первичной обмотке трансформатора должно равняться удвоенному значению, вычисленному для одного триода.

Для повышения КПД усилителя в выходном каскаде часто используется режим класса В. При этом величина при-

веденного сопротивления нагрузки в первичной обмотке трансформатора должна быть взята в 4 раза больше, чем для одного триода, работающего в режиме класса А.

Выбор соответствующего режима работы выходного каскада достигается подбором необходимой величины смещения, которая устанавливается с помощью делителя в цепи основания триодов (сопротивления  $R_3$  и  $R_4$  на рис. 101).

Известно, что при изменении температуры ток основания триода может сильно меняться, поэтому для обеспечения

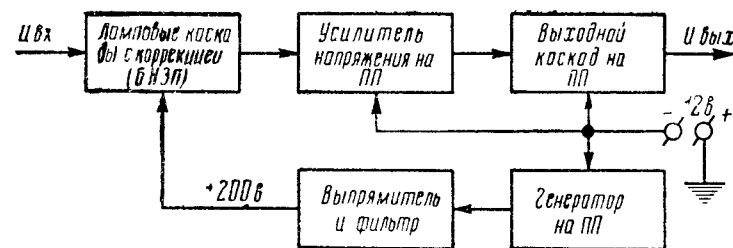


Рис. 102

стабильности работы триода в условиях различной температуры величину сопротивлений делителя выбирают таким образом, чтобы ток делителя был много больше тока основания триодов.

При использовании двухтактной схемы в выходном каскаде особое внимание должно быть уделено симметрированию работы этих триодов. Так, в схеме с заземленным эмитером для этой цели используется потенциометр  $R_5$  (рис. 101), включенный между эмитерами триодов. Перемещая движок потенциометра, можно добиться одинаковой работы обоих триодов. Величина сопротивления потенциометра зависит от типа триодов. Так, для триодов П-2 сопротивление потенциометра берется порядка 20–30 ом, а для более мощных триодов это сопротивление уменьшается до нескольких ом.

**Комбинированные схемы усилителей магнитной звукозаписи.** Сравнительно большой уровень шумов полупроводниковых приборов затрудняет создание высококачественных усилителей для магнитной звукозаписи целиком на полупроводниковых приборах. Поэтому в целом ряде случаев оказывается целесообразно использовать комбинированную схему усилителя, у которого первые каскады выполнены на лампах, а в последующих каскадах используются полупроводниковые приборы. При этом коррекцию можно сосредоточить в ламповых каскадах.

В случае использования низковольтного источника питания высокое анодное напряжение для питания электронных ламп можно получить от преобразователя, выполненного также на полупроводниковых приборах.

Преобразователь представляет собой генератор, работающий на частоте порядка 15 кГц. Напряжение со вторичной повышающей обмотки контура генератора выпрямляется и после соответствующей фильтрации подается в анодные цепи ламп.

Блок-схема комбинированного усилителя представлена на рис. 102.

### УСИЛИТЕЛЬ ДЛЯ МАГНИТОФОНА НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

В качестве примера приводится описание усилителя, выполненного на полупроводниковых приборах. Он используется для речевых записей в магнитофоне, работающем при скорости движения ленты 953 мм/сек.

Усилитель универсальный: работает как при записи, так и при воспроизведении.

Выходная мощность порядка 0,25 Вт; коэффициент нелинейных искажений — 12%; полоса пропускания усилителя — 150—4000 Гц. Усилитель снабжен генератором тока подмагничивания с частотой колебания 30 кГц. Запись производится на предварительно размагниченной ленте. Однако стирание можно осуществить непосредственно в процессе записи с помощью постоянного магнита специальной конструкции. Принципиальная схема усилителя показана на рис. 103.

Сердечники трансформаторов усилителя изготавливаются из трансформаторной стали ХВП толщиной 0,35 мм. Переходной трансформатор  $Tr_1$  выполнен на сердечнике из пластин Ш-6 (зазор 0,1 мм), толщина набора 12 мм. Обмотка I имеет 4600 витков провода ПЭЛ 0,06, обмотка II — 500 + 500 витков провода ПЭЛ-0,1.

Выходной трансформатор собран на сердечнике из пластин Ш-9, толщина набора 16 мм. Пластины собираются вперекрышку. Обмотка I содержит 1300 + 1300 витков провода ПЭЛ-0,12; вторичная обмотка имеет 80 витков провода ПЭЛ-0,51 (рассчитана на использование динамического громкоговорителя с сопротивлением звуковой катушки 3 Ом); обмотка записи состоит из 600 витков провода ПЭЛ-0,24.

Катушки генератора размещаются в броневом сердечнике из карбонильного железа типа СБ-4а, на который сверху надевается латунный или алюминиевый экран. Катушка  $L_1$  содержит 600 витков с отводом от середины; катушка  $L_2$  — 15 + 15 витков, катушка  $L_3$  — 550 витков; провод для всех катушек ПЭЛ-0,12. Питание усилителя производится от бата-

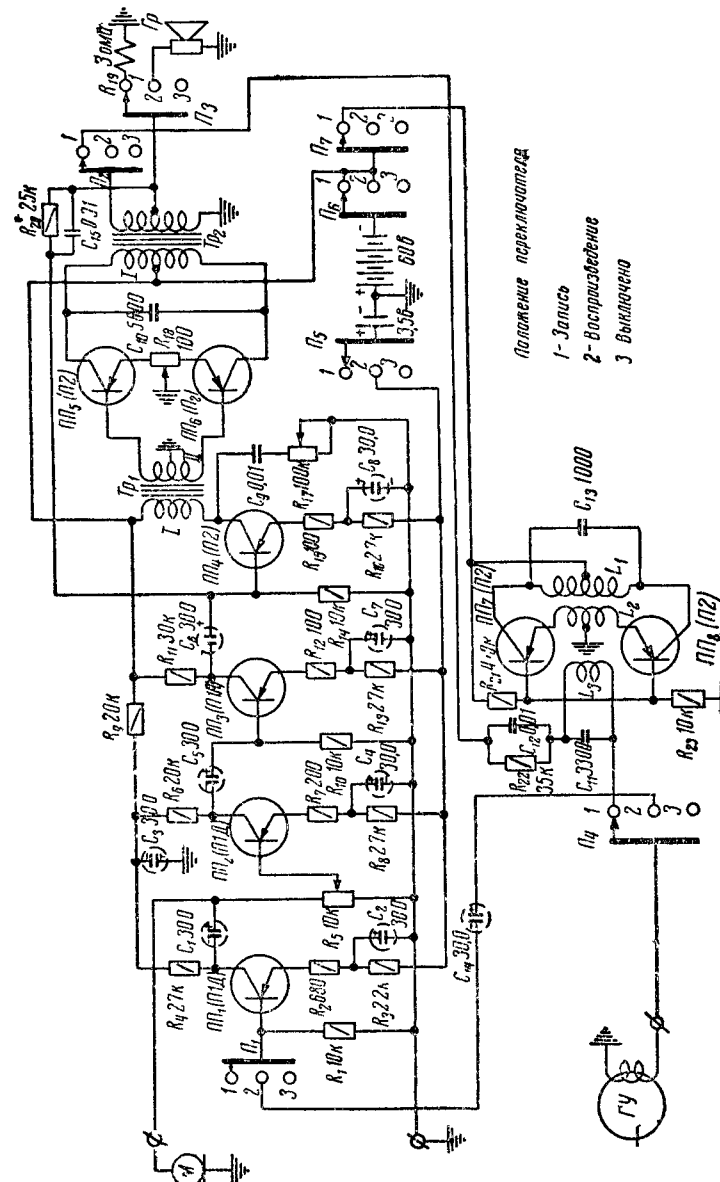


Рис. 103

реи БАС-Г-60, а для подачи смещения в цепь эмитеров используется батарея от карманного фонаря типа КБС-Л-0,5. Эти батареи обеспечивают работу усилителя примерно в течение 100 час.

Для уменьшения количества деталей отрицательное смещение на основании триодов можно получать с сопротивлением, включенных между источником коллекторного напряжения и основанием триода.

При этом отпадает необходимость использовать вторую батарею (на 3,5 в) и электролитические конденсаторы в цепях эмитеров.

## ИНДИКАТОРЫ УРОВНЯ ЗАПИСИ

Качество магнитной записи во многом определяется величиной тока звуковой частоты в записывающей головке. Слишком большая амплитуда тока может привести к перемодуляции звуконосителя и появлению искажений (при воспроизведении). Это вызывает необходимость контроля режима записи.

Контроль можно осуществить по индикатору уровня, включенному на выход универсального усилителя. При наличии отдельных усилителей индикатор целесообразнее включать в усилитель воспроизведения (до регулятора громкости). Измерение величины записываемого сигнала при использовании индикатора связано с рядом трудностей, обусловленных тем, что записываемый сигнал занимает сравнительно широкий диапазон частот. Величина его колеблется в пределах передаваемого динамического диапазона, то есть примерно на 40—60 дБ, а форма кривой колебаний резко отличается от синусоидальной.

В качестве индикатора можно применить разнообразные схемы катодных вольтметров, вольтметров с купроксным выпрямителем и т. п.

Индикаторы уровня записи должны обеспечивать нормальную работу во всей полосе записываемых частот; быть простыми и удобными в эксплуатации; не вносить заметных искажений в тракт магнитной звукозаписи.

Существующие схемы индикаторов можно разделить на две группы. В первую группу входят индикаторы, реагирующие на предельные (пиковые) значения записываемого сигнала. К ним относятся, например, схемы пиковых катодных вольтметров. Вторую группу составляют индикаторы, реагирующие на среднее значение записываемого сигнала. Они дают лишь приближенное представление о максимальном уровне записываемого сигнала, но из-за своей простоты и компактности нашли широкое применение в маг-

нитной звукозаписи. К таким индикаторам относятся, например, различные схемы купроксных вольтметров.

Однако наличие подобных индикаторов не дает полного представления о шумах, а также и искажениях в звучании отдельных групп исполнителей. Поэтому наряду с индикаторами используется и слуховой контроль; это позволяет контролировать, при наличии раздельных усилителей, не только уровень записи, но и ее качество, что особенно необходимо в магнитофонах, предназначенных для высококачественной записи.

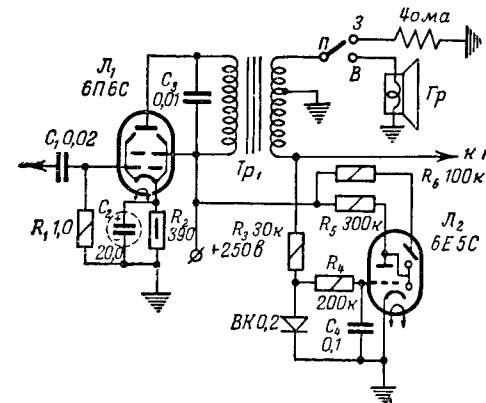


Рис. 104

Слуховой контроль осуществляют с помощью громкоговорителя или головных телефонов (если запись ведется с микрофона). В универсальном усилителе громкоговоритель или телефоны подключают к выходному каскаду, а при наличии раздельных усилителей — к выходу усилителя воспроизведения.

В массовых магнитофонах часто используют оптический индикатор на лампе типа 6Е5С (рис. 104). Индикатор имеет купроксный выпрямитель типа ВК—0,2. Параметры схемы подбираются таким образом, чтобы нормальный уровень записи характеризовался узким затемненным сектором на экране лампы. Если затемненный сектор слишком широк, то при воспроизведении запись будет звучать слабо. Полное отсутствие затемненного сектора на экране лампы или появление светлой размытой полосы свидетельствует о слишком большом уровне записи, при котором во время воспроизведения появятся большие нелинейные искажения.

Для контроля уровня записи часто применяется купрокс-ный вольтметр (рис. 105). Напряжение с корректирующей

ячейки  $R_1 C_1$  подается через сопротивление  $R_{доб}$  в диагональ купроксного мостика ВК 0,7—2. В другую диагональ мостика включен микроамперметр чувствительностью порядка 500 мка. Сопротивление  $R_{доб}$  подбирается в процессе регу-

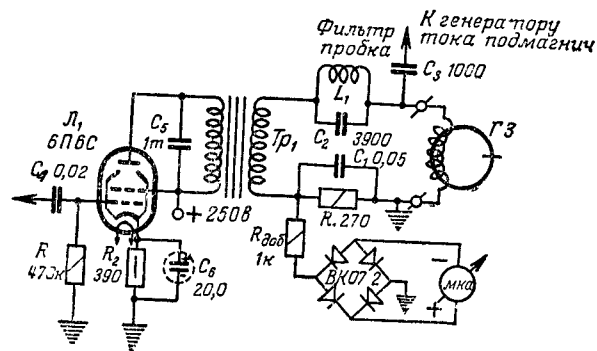


Рис 105

лировки так, чтобы при нормальном уровне записи стрелка прибора находилась приблизительно в середине шкалы.

### КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ УСИЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Рассмотрим основные положения, которые необходимо учитывать при конструировании усилителей для магнитной звукозаписи.

В любительских магнитофонах предпочтение следует отдавать блочной системе, в которой усилители и выпрямитель выполняются в виде самостоятельных блоков. Такая конструкция позволяет более рационально разместить усилитель, удалив его от источников переменных магнитных полей (двигателей лентопротяжного механизма и силового трансформатора). Это особенно важно, если усилитель имеет входной трансформатор.

Раздельные усилители для записи и воспроизведения (в высококачественных магнитофонах) нужно также располагать на отдельных шасси.

При размещении выпрямителя с силовым трансформатором на общем шасси с усилителем лампы первых каскадов и входные зажимы нужно расположить как можно дальше от силового трансформатора и двигателей.

Существенное ослабление наводок от силового трансформатора можно получить с помощью металлического экранирующего кольца, изображенного на рис. 106. Возникаю-

щие в таком кольце токи Фуко приводят к уменьшению магнитного поля рассеяния силового трансформатора, причем на это расходуется мощность всего в несколько ватт. В качестве экранирующего кольца используется алюминиевая или медная лента толщиной 1,5—2 мм.

Для устойчивой работы усилителя, уменьшения шумов и фона важное значение имеют правильный монтаж и экранировка (особенно первых ламп усилителя).

Каскады усилителя желательно располагать в одну линейку. Особое внимание нужно обращать на качество заземления. Нельзя использовать шасси усилителя в качестве соединительных проводов заземления.

Заземление лучше всего выполнить в виде специальной шины из толстой медной проволоки. Соединение «земляной» шины с шасси производится в одной точке, положение которой находят опытным путем (по минимуму фона). Точки схемы, подлежащие заземлению, следует соединять с «земляной» шиной короткими проводами.

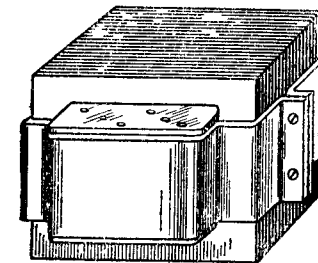


Рис. 106

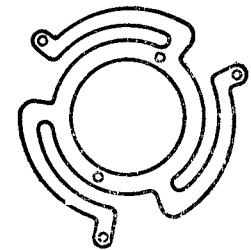


Рис 107

Сердечники дросселей и трансформаторов нужно соединять с шасси усилителя.

Монтажные провода, несущие токи звуковой частоты, должны быть как можно короче. Усилитель соединяют с магнитными головками и микрофоном (или другим источником входного сигнала) двухпроводным витым экранированным кабелем, металлическая оплетка которого заземляется в усилителе (только в одной точке). Использование экранирующей оплетки в качестве одного из проводов вызывает заметное увеличение фона.

Корпуса электролитических конденсаторов нужно изолировать от шасси и с помощью монтажных проводов соединять с «земляной» шиной. Как уже указывалось, для уменьшения фона иногда прибегают к включению антифонного

витка в разрыв соединительного провода, идущего от воспроизводящей головки к усилителю (о способах борьбы с фоном, проникающим по цепям накала, было сказано выше).

При конструировании усилителей (особенно с большим коэффициентом усиления) приходится принимать специальные меры для снижения микрофонного эффекта, возникающего в результате сотрясения электродов ламп.

Колебания электродов лампы могут возникнуть не только при сотрясениях, передаваемых лампе через панель, но и от возбуждения баллона лампы акустическими колебаниями. Поэтому первую лампу усилителя не следует помещать вблизи громкоговорителя. Для уменьшения микрофонного эффекта приходится подбирать более «тихие» лампы данного типа, а также амортизировать ламповую панель первого каскада усилителя. Амортизация осуществляется с помощью резины или пружин. Способ амортизации ламповой панели с помощью пружинного «паучка» показан на рис. 107. Паучок изготовляют из бронзы толщиной 0,3 мм; внутри него укрепляют ламповую панель.

Особое внимание следует обращать на изготовление входного и выходного трансформаторов, которые в значительной степени определяют качество работы всего усилителя.

Для записи широкой полосы частот трансформаторы должны иметь секционированную намотку. В качестве материала сердечника входного трансформатора используют пермаллой, что позволяет не только уменьшить габариты, но и улучшить качественные показатели. Перед установкой в экран входной трансформатор обкладывают ватой, предохраняющей его от вибраций и микрофонного эффекта.

Причиной неустойчивой работы и самовозбуждения усилителя может явиться неправильное расположение и конструкция коммутирующих устройств.

При использовании переключателя типа ПУМ платы, служащие для коммутации входных и выходных цепей усилителя, желательно разносить на некоторое расстояние, помещая между ними экран.

Для уменьшения длины монтажных проводов, идущих к коммутирующим элементам, целесообразно использовать реле, располагая их в непосредственной близости от цепей, требующих переключения. Для этой цели наиболее подходят реле постоянного тока. Управление такими реле производится кнопочным или любым другим переключателем, расположенным на панели лентопротяжного механизма. Благодаря этому упрощается настройка усилительных устройств и их работа становится более устойчивой. Однако применение реле удорожает конструкцию

## Глава VIII

### УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТОФОНОМ

В зависимости от используемого режима магнитофона необходима определенная последовательность включения отдельных узлов лентопротяжного механизма и коммутация усилительных устройств. Для управления лентопротяжными механизмами и усилителями магнитофонов используются переключатели различных конструкций; кнопочные, клавишные, обычные переключатели (например, щеточные или типа ПУМ), телефонные ключи и т. д.

**Устройства управления лентопротяжными механизмами.** В одномоторных лентопротяжных механизмах управление механическими узлами осуществляется специальными рычагами или тросиками, которые связаны с переключателями или кнопками, осуществляющими включение двигателя и коммутацию усилительного устройства. Управление трехмоторным лентопротяжным механизмом осуществляется путем переключения его электрической схемы (тем же переключателем, который коммутирует усилительное устройство).

В магнитофоне с однопорожечной записью имеется пять режимов работы: 1. «Запись». 2. «Воспроизведение». 3. «Перемотка вперед». 4. «Перемотка назад». 5. «Стоп».

Схему коммутации лентопротяжного механизма необходимо выполнять таким образом, чтобы переход с одного режима работы на другой осуществлялся только через положение «Стоп».

При такой коммутации прежде чем звуконоситель изменит направление своего движения, например при переходе с режима «Воспроизведение» на режим «Перемотка назад», он должен остановиться. Последнее исключает обрывы ленты.

Кроме того, схема коммутации должна выполняться таким образом, чтобы исключить возможность случайного включения режима «Запись». Для этого кнопку (тумблер и т. д.), включающую режим «Запись», механически или электрически блокируют другой кнопкой и тумблером.



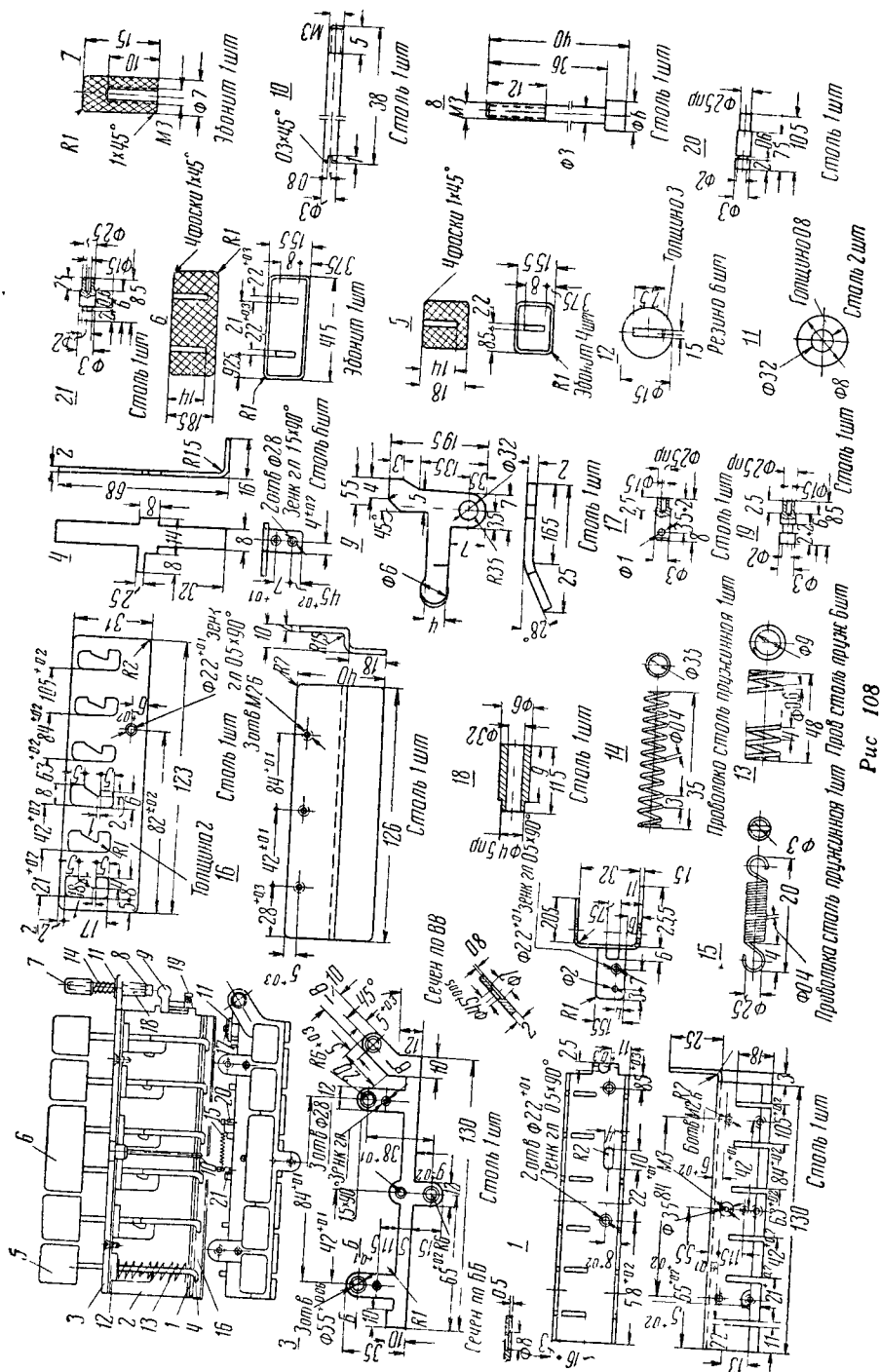


Рис 108

В профессиональных трехмоторных лентопротяжных механизмах, а также в лучших образцах массовых магнитофонов для управления магнитофоном применяются кнопочные переключатели, обеспечивающие необходимую коммутацию аппарата.

На рис. 108 приведена конструкция несложного пятикнопочного переключателя для трехмоторного лентопротяжного механизма. В этой конструкции включение любой из кнопок возможно лишь при предварительном нажатии на среднюю кнопку «Стоп». Кнопка «Запись» механически заблокирована дополнительной кнопкой «7». Для включения режима «Запись» необходимо нажать сразу на две кнопки.

При некотором усложнении переключателя он может быть использован в одномоторных конструкциях. В случае применения электрического торможения фиксирующий выступ для кнопки «Стоп» в подвижной планке 2 следует исключить. Для остановки ленты необходимо нажать на кнопку «Стоп», а затем отпустить ее. При этом она автоматически займет первоначальное положение.

В некоторых образцах массовых магнитофонов с двухдорожечной записью для каждой дорожки используют отдельную универсальную головку. В таких магнитофонах применяют семикнопочные переключатели. Две дополнительные кнопки служат для коммутации головок и реверсирования электродвигателя.

Таким образом, при записи или воспроизведении, кроме включения соответствующей кнопки, необходимо включить дополнительно кнопку верхней или нижней дорожки.

Кнопочные переключатели позволяют (в большинстве конструкций), не переходя промежуточных значений, в любой последовательности размыкать одни электрические цепи, одновременно включая другие. Применение обычных переключателей (например, шетчных или типа ПУМ) менее удобно, так как при переходе с одного режима работы на другой приходится «проскакивать» ненужные в данный момент режимы работы. В случае применения таких переключателей положения режимов работы должны быть выдержаны в строго определенной последовательности (рис. 109).

Такие переключатели часто применяются в массовых и любительских одномоторных магнитофонах. Для управления узлами лентопротяжного механизма на оси переключателя обычно, кроме плат, укрепляются различные рычаги, кулачки, эксцентрики и т. д.

В некоторых одномоторных конструкциях лентопротяжных механизмов переключатель рода работ имеет только четыре положения, соответствующие режимам «Перемотка», «Стоп», «Запись» и «Воспроизведение». Изменение направ-

ления движения при перематке осуществляется дополнительным переключателем.

В простейших конструкциях в качестве переключателей могут быть применены телефонные ключи и тумблеры.

К устройствам управления лентопротяжным механизмом можно отнести различные счетчики количества ленты, кото-

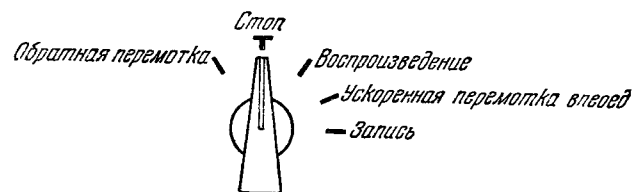


Рис. 109

рые позволяют легко отыскать на ферромагнитной ленте необходимую запись. Из многочисленных конструкций подобных счетчиков наиболее удобными и получившими широкое распространение являются стрелочные счетчики.

Общий вид и кинематическая схема такого счетчика приведены на рис. 110. Счетчик представляет собой циферблат и две стрелки, соединенные с небольшим редуктором. Такой счетчик при помощи пассика связывается с приемным подтарельником. Показания счетчика изменяются в зависимости от числа оборотов приемного подтарельника, то есть от количества намотанной на приемную кассету ленты.

Зная, какой из многочисленных записей на ленте соответствует то или иное показание счетчика, включают ускоренную перематку вперед или назад и, не прослушивая всех записей, можно легко найти необходимую запись.

Подобный счетчик показывает не абсолютное количество метров ферромагнитной ленты, намотанной на приемную кассету, а является только индикатором начала или конца очередной записи. Для установки счетчика на нуль в центре циферблата имеется специальная установочная головка, связанная непосредственно со стрелками счетчика.

**Схемы управления усилительными устройствами.** Лентопротяжный механизм и усилительные устройства включаются одним общим переключателем. Этот переключатель может быть выполнен как в виде отдельного тумблера, так и в виде переключателя, расположенного на одной оси с регулятором громкости или тембра звука. Для контроля включения магнитофона в сеть питания обычно используется индикатор в виде осветительной лампочки.

Коммутация усилителей в зависимости от режима работы магнитофона осуществляется, как уже отмечалось, общим переключателем, используемым для управления лентопротяжным механизмом.

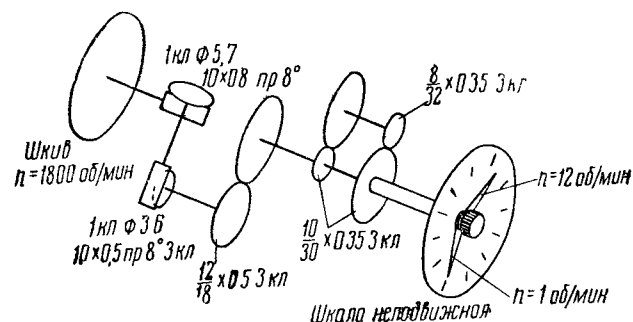
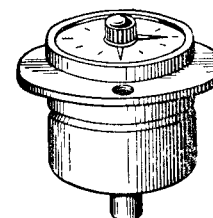


Рис. 110

При наличии отдельных усилителей для записи и воспроизведения схема коммутации должна предусматривать в режиме записи включение усилителей записи, воспроизведения и генератора высокочастотного тока для стирания и подмагничивания.

Так, в случае кнопочного управления при нажатии на кнопку «Запись» наряду с включением двигателей лентопротяжного механизма подается анодное напряжение на генератор и записывающая головка подключается к усилителю записи. Питание накала всех ламп, а также анодное напряжение на усилители записи и воспроизведения подаются постоянно.

Уровень записываемого сигнала контролируют с помощью индикатора, подключенного к выходу усилителя записи или к усилителю воспроизведения (до регулятора громкости).

Наличие усилителя воспроизведения позволяет вести слуховой контроль качества записи.

При записи с микрофона во избежание акустической обратной связи громкоговоритель необходимо отключать: в этих случаях контроль ведется на головные телефоны.

В режиме воспроизведения снимается анодное напряжение с лампы генератора и размыкается цепь записывающей головки.

Чтобы избежать стирания произведенной записи, схема коммутации должна предусматривать отключение генератора токов стирания и подмагничивания не только при воспроизведении, но и при ускоренной перемотке вперед и обратной перемотке ленты. В профессиональных магнитофонах схема коммутации предусматривает определенную очередность включения в режиме записи. Сначала подается анодное напряжение на лампу генератора, затем включается записывающая головка и подается напряжение на электродвигатели. Такая последовательность включения предотвращает намагничивание записывающей головки импульсом напряжения, возникающим в момент включения генератора. Однако указанная очередность включения усложняет схему коммутации, поэтому в простейших конструкциях она не применяется.

При использовании универсальных усилителей схема коммутации обеспечивает в режиме записи включение на вход микрофона или другого источника входного сигнала, а на выход усилителя — записывающей или универсальной головки.

Кроме того, должно производиться переключение корректирующих цепей. При записи с микрофона, как и в случае отдельных усилителей, громкоговоритель нужно отключать, а слуховой контроль записи можно вести с помощью головных телефонов. При воспроизведении на вход усилителя включают воспроизводящую или универсальную головку, а на выход — громкоговоритель.

В этом режиме также производится переключение корректирующих цепей.

Следует учитывать, что отключение громкоговорителя увеличивает сопротивление нагрузки выходного каскада; чтобы избежать появления искажений при записи, приходится включать сопротивление, эквивалентное сопротивлению звуковой катушки громкоговорителя (рис. 111).

Это особенно необходимо при использовании в выходном каскаде пентода или лучевого тетрода, чувствительных к сбросу нагрузки.

В магнитофонах, работающих с несколькими скоростями движения звуконосителя, при переключении скорости следует производить переключение корректирующих цепей.

Описанная коммутация может производиться как непо-

средственно контактами переключателя рода работы, так и через реле, управляемые этим же переключателем.

В некоторых аппаратах предусматривается ряд устройств, которые позволяют упростить и облегчить эксплуатацию магнитофона.

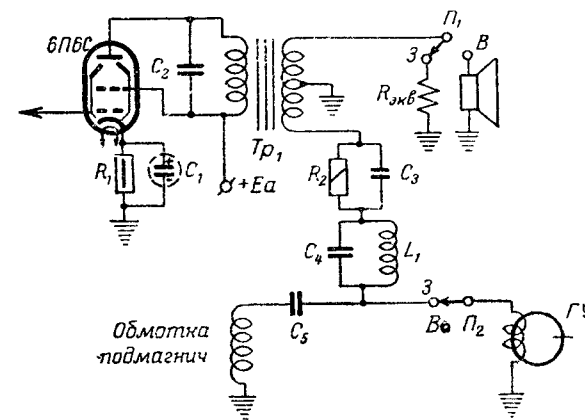


Рис. 111

Так, например, иногда необходимо произвести запись речи или пения на фоне ранее записанной музыки. Для этого предусматриваются специальный тумблер или кнопка, включение которой позволяет вести запись при отключенной головке стирания (вместо нее к генератору подсоединяется эквивалентное сопротивление). При этом старая запись, бывшая на ленте, не стирается, а лишь несколько ослабляется полем подмагничивания и новая запись накладывается на старую.

К схемам управления магнитофоном относятся также устройства, позволяющие производить автоматическое выключение лентопротяжного механизма при окончании ферромагнитной ленты или же при окончании отдельной записи.

Автоматическое выключение лентопротяжного механизма можно осуществить следующим образом. На начало и конец ленты наклеиваются кусочки фольги длиной 3—5 см. Включение лентопротяжного механизма осуществляется через нормально замкнутые контакты  $K_2$  «Стоп реле»  $P$  (рис. 112). Реле  $P$  включается с самоблокированием, осуществляемым контактами  $K_1$ . Параллельно контактам  $K_1$  включается датчик  $D$ , выполненный в виде направляющей колонки, которая состоит из двух изолированных металлических половинок. При любом режиме работы лентопротяжного механизма реле  $P$  обесточено и контакты  $K_2$  замкнуты.

При окончании ферромагнитной ленты в любом режиме работы происходит замыкание датчика  $D$  кусочком фольги, наклеенным на концы звуконосителя. При этом через реле  $P$  течет ток, контакты  $K_1$  замыкаются, а  $K_2$  — размыкаются, выключая тем самым лентопротяжный механизм. Реле  $P$  остается включенным до тех пор, пока вручную не будет выключена кнопка «Стоп».

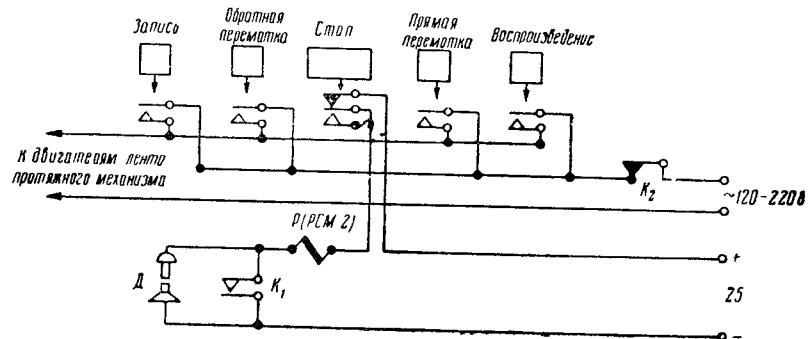


Рис 112

Для автоматической остановки лентопротяжного механизма после окончания или перед началом отдельной записи может быть использован описанный выше стрелочный счетчик, измеряющий количество записанной ленты (рис. 110), снабженный дополнительной стрелкой.

Вначале, перед записью, дополнительная стрелка совмещается с основной стрелкой счетчика. После записи во время обратной перемотки, как только стрелки совпадут, закорачиваются контакты, связанные со стрелками, и включается «стоповое реле», которое обесточивает лентопротяжный механизм.

В момент начала записи (или воспроизведения) специальное реле с постоянной времени 2—3 сек. блокирует «стоповое реле» и дает таким образом возможность стрелкам счетчика разойтись на небольшой угол.

Недостаток такого автостопа состоит в том, что когда надо произвести несколько отдельных записей, то необходимо запоминать показание счетчика, соответствующее началу всех записей, и предварительно устанавливать дополнительную стрелку на начало нужной записи.

Существуют автостопы, в которых этот недостаток исключен. Например, если перед началом каждой записи на ленту записать маркирующий сигнал, значительно превышающий по амплитуде полезную запись, то во время обратной пере-

мотки, несмотря на то, что лента отводится от головок, маркирующий сигнал все-таки воспроизводится. Он воздействует на «стоповое реле», и лентопротяжный механизм выключается. Такой автостоп обеспечивает автоматическую остановку ленты при перемотке на началах всех записей.

Помимо автостопов, некоторые магнитофоны снабжаются устройствами (селекторами), позволяющими воспроизводить запись по определенной программе, однако ввиду сложности таких конструкций в данной книге они не рассматриваются.

## НАСТРОЙКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАГНИТОФОНОВ

**Регулировка лентопротяжных механизмов.** Отдельные узлы и детали лентопротяжного механизма укрепляются на основной панели. При сборке особое внимание следует обратить на перпендикулярность осей двигателей, стабилизирующих фильтров, прижимного ролика и направляющих роликов по отношению к основной панели.

Необходимо помнить, что большинство двигателей имеет неодинаковую величину поля рассеяния в различных направлениях. Поэтому двигатели нужно окончательно закреплять после проверки работы лентопротяжного механизма и усилительного устройства. Для этого, включив усилитель, двигатели поочередно разворачивают на некоторый угол и окончательно фиксируют их в таком положении, при котором получается минимум фона на выходе усилителя.

Собранный лентопротяжный механизм требует тщательной регулировки. Вначале проверяется правильность монтажа его электрической и механической схем. В одномоторных конструкциях нужно правильно установить натяжение пассивов, обеспечить четкое взаимодействие фрикционных передач, натяжение тросиков управления и правильное взаимодействие рычагов управления с остальными узлами лентопротяжного механизма. Чтобы убедиться в правильности взаимодействия отдельных узлов механизма, рекомендуется переключать лентопротяжный механизм на различные режимы работы.

Далее следует проверить биение ведущей оси двигателя, прижимного ролика и направляющего ролика.

Необходимо помнить, что чем тоньше ведущая ось, тем меньше допустимо ее биение. В лентопротяжных механизмах, в которых ведущая ось имеет диаметр порядка 3 мм, допустимое биение не должно превышать 2—3 микрон. Такая точность достигается путем шлифровки ведущей оси непосредственно на основной панели лентопротяжного механизма. Для этого тщательно заправленный шлифовальный

камень при помощи специального приспособления закрепляют на основной панели, включают двигатель и к вращающейся ведущей оси прижимают шлифовальный камень.

Устранив биение ведущей оси, необходимо проверить на просвет параллельность поверхности резинового кольца прижимного ролика и ведущей оси. Для этого прижимной ролик вручную подводят к ведущей оси и проверяют, есть ли расширение просвета между резиновой поверхностью ролика и ведущей осью в том месте, где должна проходить лента.

При непараллельности резиновой поверхности и ведущей оси, а также при наличии выработки на резиновом кольце необходимо произвести шлифовку на месте прижимного ролика, так же как производится шлифовка ведущей оси.

Заправив лентопротяжный механизм ферромагнитной лентой, его включают на различные режимы работы. Затем проверяют правильность прилегания ферромагнитной ленты к головкам. Для этого рабочие поверхности головок покрывают тонким слоем чернил или мела; при протягивании ленты она соприкасается с головками и стирает нанесенный слой. О правильности расположения головок судят по оставшемуся следу.

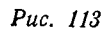
Рабочий зазор каждой головки должен находиться в середине угла огибания головки лентой. Поэтому при правильной установке головок мел или чернила, нанесенные на рабочую поверхность головки, должны стираться одинаково по обе стороны рабочего зазора.

Для установки головок по высоте можно применять текстолитовые шайбы. Приближенная установка наклона рабочих зазоров головок достигается изменением наклона подставки, на которой они укреплены, вращением специального регулирующего винта. Окончательная регулировка производится одновременно с регулировкой усилительного устройства.

После окончания установки и регулировки магнитных головок перед тем, как одеть экраны, головки надо тщательно размагнитить стирающим дросселем. В аппаратах, в которых имеются прижимы, последние должны быть так отрегулированы, чтобы при выключенном механизме, а также в режимах ускоренных перемоток лента не касалась головок, а в режимах записи и воспроизведения прижимы обеспечивали надежный контакт звуконосителя с головкой, не создавая при этом чрезмерного натяжения ферромагнитной ленты.

Высота подтарельника регулируется упорными винтами, расположенными в нижних подшипниках двигателей или скоб, держащих их на оси. Винты устанавливают таким образом, чтобы в случае использования бобышек с дисками лента не доходила до диска на 1—1,5 мм.

При подмотке и обратной перемотке ленты нужно следить, чтобы рулон был плотно намотан, а его торцы были



Регулировка электромеханических тормозов сводится к изменению натяжения возвратной пружины при помощи регулировочного винта.

Натяжение возвратной пружины регулируется до тех пор, пока разница в соотношении сил торможения при прямом и обратном направлениях вращения тормозного барабана не будет соответствовать 1:3. При правильно отрегулированных тормозах в любом режиме и в любой момент времени при нажатии кнопки «Стоп» ферромагнитная лента должна останавливаться, не образуя петли; в других режимах тормозной барабан должен вращаться совершенно свободно, не задевая тормозной ленты.

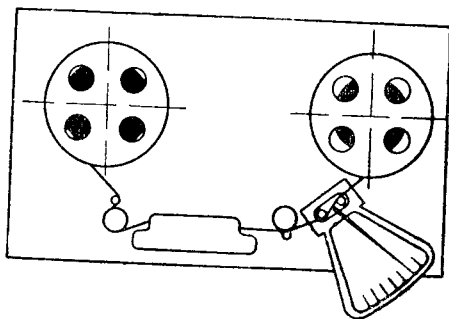


Рис 114

Причиной образования петель может служить недостаточное торможение двигателя, с подтарельника которого в данный момент происходит сматывание звуконосителя. Этого можно избежать дополнительной регулировкой соответствующего тормоза.

Иногда петля образуется при включении магнитофона на режим «Запись» или «Воспроизведение» из-за неполного от тормаживания правого двигателя или из-за понижения напряжения питающей сети.

Дребезжание электромагнитов указывает на перекос одной из двух амортизационных пружин или на загрязнение электромагнита.

**Эксплуатация лентопротяжного механизма.** Для надежной и длительной работы лентопротяжный механизм необходимо правильно эксплуатировать, периодически смазывать и чистить.

На панель магнитофона нельзя класть рабочий инструмент и различные предметы. Лентопротяжный механизм (особенно двигатели и подшипники направляющих и прижимных роликов) следует предохранять от пыли и загрязнения. Каждый раз после пользования магнитофоном «фальш»-панель лентопротяжного механизма нужно очищать от кусочков ленты и пыли, которая образуется при трении ленты о детали аппарата. Для чистки рекомендуется применять

мягкую кисть, щеточку, тряпку или пылесос. При склейке ленты необходимо следить, чтобы клей случайно не попал на резину прижимного ролика. Контакты кнопочного переключателя со временем загрязняются и подгорают. Поэтому их необходимо периодически зачищать мелкой наждачной шкуркой, а затем протирать шерстяной тряпкой и промывать спиртом.

Для нормальной работы лентопротяжного механизма подшипники скольжения двигателей необходимо смазывать через каждые 70 ÷ 100 час. Для смазки применяют жидкие масла (веретенное или швейное № 2, консталин). Нежелательно использовать масла, дающие при высыхании пленку (касторовое масло), наличие которой может вызвать заклинивание двигателей осей узлов подмотки и обратной перемотки, имеющих подшипники скольжения.

Для смазки осей подшипников скольжения, прижимных и промежуточных роликов, фрикционов и т. п. не нужно применять жидкие масла: вытекающее из осей масло попадает на обремененные поверхности роликов, вызывая их пробуксовку и порчу резины. Поэтому детали с подшипниками скольжения, имеющими обремененные поверхности, смазывают густой смазкой типа КВ или техническим вазелином. Смазка набивается в отверстия в осях подшипников скольжения. Такие узлы смазывают через 180—200 час. работы.

Прижимной и направляющий ролики или стабилизирующий фильтр, выполненные на подшипниках качения, следует смазывать маслом № 1 через 200 ÷ 250 час. работы. При смазке лентопротяжного механизма нужно следить, чтобы она не попадала на поверхности деталей, с которыми соприкасается ферромагнитная лента.

Лентопротяжные механизмы, в которых в качестве подшипников двигателей, прижимных роликов, фрикционов и т. д. применяются графитовые самосмазывающиеся подшипники или подшипники, выполненные из пористого материала, как правило, не требуют смазки в течение всего срока эксплуатации магнитофона.

По мере эксплуатации лентопротяжного механизма резиновую поверхность прижимного ролика и ведущую ось необходимо очищать от остатков ферромагнитной ленты. Следует производить чистку и рабочей поверхности магнитных головок.

При очистке ведущей оси и прижимного ролика необходимо соблюдать большую осторожность. Обычно эту операцию выполняют деревянной палочкой. Головки чистят фланелевой тряпочкой, смоченной в спирте или в четыреххлористом углероде; фетровые или фильцевые прижимы — бензином или спиртом.

По мере эксплуатации на резиновой поверхности прижимного ролика образуется углубление. Поэтому ролик необходимо периодически шлифовать.

В лентопротяжных механизмах с ленточными тормозами фетр ленты с течением времени засаливается, так как на него может попадать пыль и масло. Фетр ленты в таких случаях следует очищать бензином.

Желательно, чтобы периодически проводилась общая чистка аппарата. Для этого отдельные узлы лентопротяжного механизма снимают и промывают в бензине, после чего тщательно смазывают подшипники механизма.

**Наладка усилителей.** Для наладки усилителя магнитофона необходимо иметь следующую измерительную аппаратуру: звуковой генератор, катодный милливольтметр, осциллограф, тестер.

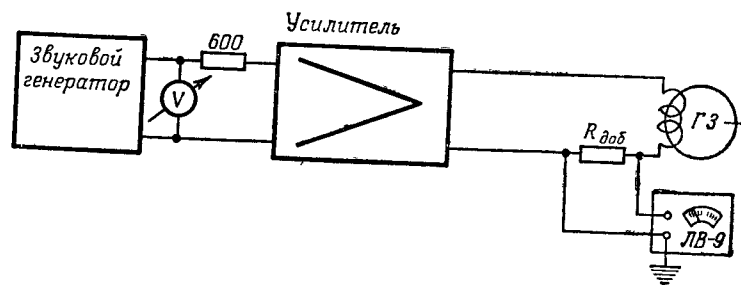


Рис. 115

Наладка начинается с проверки режимов ламп. Затем регулируют частотную характеристику усилителя записи (по току в записывающей головке). Для этого собирают схему согласно рис. 115 и отключают генератор в. ч.

Напряжение звуковой частоты с выхода звукового генератора подается на вход усилителя записи (или на вход универсального усилителя, который в этом случае должен быть переключен в режим записи).

Ток в цепи записывающей головки можно измерять чувствительным термомиллиамперметром. Измерение можно производить и по падению напряжения на активном сопротивлении, включенном последовательно в цепь головки. Измерения производятся с помощью милливольтметра.

Миллиамперметр или вспомогательное сопротивление включают в земляной провод, идущий от головки. Чтобы это сопротивление не приводило к значительному изменению тока, его величина должна быть по возможности небольшой. В цепь типовой низкоомной записывающей головки обычно включают сопротивление порядка 20—50 ом, в цепь универсальной головки (в режиме записи) — порядка 150—200 ом.

При измерении частотной характеристики усилителя записи необходимо выключить ток подмагничивания.

Частотные характеристики снимают обычно тогда, когда ток в записывающей головке на 50—70% ниже номинального тока (измеренного на частоте 1000 гц). Поддерживая постоянную амплитуду напряжения звукового генератора, изменяют его частоту и регистрируют изменения тока записи. Снятая таким путем частотная характеристика усилителя записи сравнивается с заданной. Подбором корректирующих элементов добиваются полного совпадения расчетной и экспериментальной кривой в рабочем диапазоне частот.

Добившись необходимой частотной характеристики усилителя записи, звуковой генератор отключают, а регулятор усиления ставят в положение минимального усиления и переходят к наладке генератора тока стирания и подмагничивания.

Регулировка генератора сводится к трем моментам: 1) к настройке контура на выбранную частоту; 2) к получению достаточной амплитуды тока стирания на выбранной частоте; 3) к получению хорошей формы кривой тока.

Регулировка частоты производится изменением емкости включенного в контур конденсатора. Измерить частоту генератора можно с помощью звукового генератора и катодного осциллографа по фигурам Лиссажу.

Для получения достаточной амплитуды тока стирания необходимо обеспечить хорошее согласование генератора с нагрузкой. Это достигается подбором витков катушки связи и емкости конденсатора, включенного последовательно со стирающей головкой. С помощью такого конденсатора цепь нагрузки настраивают в резонанс с частотой тока генератора. Резонанс определяют по максимальному значению тока стирания, который измеряется тепловым или термомиллиамперметром со шкалой на 200—300 ма.

Другой способ настройки осуществляется с помощью лампового вольтметра или осциллографа. Для этого в «земляной» провод стирающей головки включают небольшое сопротивление (порядка 10 ом). На нем катодным вольтметром или осциллографом измеряют падение напряжения. В момент резонанса это напряжение будет наибольшим.

Как известно, для получения высококачественной записи необходимо иметь симметричную форму кривой генерируемых колебаний, которую улучшают тщательным подбором величины сопротивления утечки и оптимального коэффициента обратной связи. С этой целью рекомендуется также включать в катод генераторной лампы небольшое сопротивление, не шунтированное конденсатором; однако при этом вследствие отрицательной обратной связи несколько уменьшается амплитуда тока стирания.



При эксплуатации магнитофона желательно иметь индикатор, контролирующий работу генератора высокочастотных колебаний. Для этого последовательно с головкой стирания включают лампочку от карманного фонаря. Можно также использовать неоновую лампочку, которую подключают к контуру генератора через конденсатор небольшой емкости (10—20 нФ). Фильтр-пробку записывающей головки можно настроить в резонанс с частотой тока подмагничивания с помощью лампового милливольтметра или осциллографа (по минимуму напряжения на вторичной обмотке выходного трансформатора или по максимуму тока подмагничивания в цепи записывающей головки).

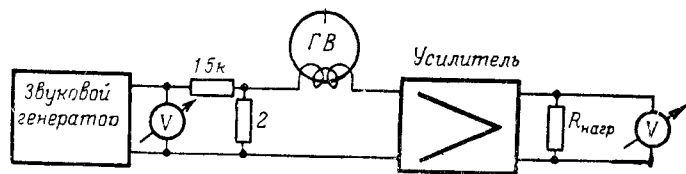


Рис 116

Оптимальное значение тока подмагничивания подбирают непосредственно при работе магнитофона в режиме записи.

Усилитель воспроизведения налаживают согласно схеме, приведенной на рис. 116.

При наличии отдельного усилителя воспроизведения необходимо сначала проверить режим ламп. При использовании универсального усилителя его переключают в режим воспроизведения. Затем переходят к снятию и регулировке частотной характеристики усилителя. Под частотной характеристикой усилителя воспроизведения принято понимать зависимость отношения выходного напряжения усилителя к ЭДС, развиваемой головкой в зависимости от частоты. При измерении необходимо ввести ЭДС в цепь головки так, чтобы незначительно изменилось сопротивление входной цепи.

На рис. 116 показано, как ЭДС вводится в цепь воспроизводящей головки с помощью реостатного делителя. При измерении необходимо учитывать, что ЭДС воспроизводящей головки на средних частотах, в зависимости от ее типа, лежит в пределах 1—5 мВ. Исходя из этого, устанавливают выходной уровень сигнала, подаваемого от генератора звуковой частоты. Если снятая частотная характеристика сильно отличается от расчетной, то их совпадения добиваются путем изменения величин корректирующих элементов.

**Налаживание магнитофона.** После предварительного налаживания усилителей приступают к регулировке магнитофона в целом.

Подбор необходимой величины тока подмагничивания производится следующим образом. В режиме записи на вход усилителя подается сигнал от звукового генератора с частотой порядка 1000 гц. Этот сигнал записывается при нескольких значениях тока подмагничивания. После этого воспроизводят полученную запись и выбирают оптимальную величину тока подмагничивания. Для этого с помощью вольтметра, включенного на выход усилителя воспроизведения, определяют, при каком токе подмагничивания получается наиболее громкое звучание сигнала. Потом увеличивают ток подмагничивания до тех пор, пока напряжение на выходе не уменьшится на 3 дБ. Это значение тока подмагничивания и будет оптимальным для данного типа ленты. Обычно оптимальное значение тока подмагничивания в записывающей головке примерно в два раза больше тока подмагничивания, соответствующего максимальной отдаче, и в два-три раза больше максимально допустимого тока низкой частоты. При таком выборе тока подмагничивания и использовании ленты типа 1 хотя и наблюдается некоторое усиление нелинейных искажений и ухудшение передачи высших частот, но зато существенно снижаются модуляционные шумы. Если при выбранном токе подмагничивания вместо ленты типа 1 использовать ленту типа 2, то будет получен режим, соответствующий максимальной отдаче.

Магнитофоны, выпускаемые промышленностью, настраиваются с помощью испытательного магнитофильма (тест-фильм).

Для каждой скорости движения звуконосителя существует соответствующий тестфильм РТ 76, РТ 38, РТ 19.

В качестве примера рассмотрим тестфильм, применяемый для налаживания профессиональной аппаратуры РТ 76. Этот тестфильм записан на полированной ленте типа С с применением искусственного старения и состоит из четырех частей.

Первая часть содержит запись частоты 400 гц при эффективном значении остаточного магнитного потока ленты 50 ммкс (номинальный уровень). Продолжительность записи 5 мин. Перед записью имеется пояснительный дикторский текст. Эта часть тестфильма предназначена для определения нормального усиления тракта воспроизведения.

Во второй части имеется запись частот (на 14 дБ ниже номинального) 8000 и 12 000 гц со щелью, установленной строго перпендикулярно направлению движения ленты. Продолжительность каждой записи 30 сек. Эта запись используется для определения правильного расположения щели головки воспроизведения по отношению к ленте. Для этого головка поворачивается до тех пор, пока не получается максимум отдачи.

Кроме того, во второй части имеются записи частот 30; 60; 125; 250; 500 *гц* и 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15 *кгц* с уровнем на 14 *дб* ниже номинального для проверки частотной характеристики. Продолжительность записи каждой частоты 15 сек. Перед каждой записью дается пояснительный дикторский текст.

Третья часть содержит запись частоты 3000 *гц*, произведенную на магнитофоне с прецизионным лентопротяжным механизмом, практически не вызывающим детонации звука. Эта запись служит для определения (при помощи специального измерительного прибора — детонометра) неравномерности скорости движения ферромагнитной ленты.

Четвертая часть содержит типовую ферромагнитную ленту для проверки на ней качественных показателей сквозного канала магнитофона. Все тестфильмы одноканальные, но их можно применять и для настройки магнитофонов с двухканальной записью.

После того как магнитофон настроен, можно произвести контрольную запись. Запись обычно производят с звукоснимателя, с детектора радиоприемника, трансляционной линии или микрофона.

Наиболее просто произвести запись с звукоснимателя, трансляционной линии или детектора радиоприемника. Для этого нужно подключить соответствующий вход магнитофона к звукоснимателю, линии или детектору радиоприемника и регулятором громкости усилителя записи установить номинальный уровень записи. При записи с микрофона, последний подключается к магнитофону на соответствующий вход и также устанавливается номинальный уровень записи.

Наиболее подходящим для радиолюбительской записи является динамический микрофон (например СДМ, МД-41 и т. д.).

При работе с микрофоном во избежание акустической обратной связи необходимо выключить громкоговорители, на которые работает усилитель воспроизведения.

Для получения качественной записи с микрофона необходимы некоторые навыки. Например, следует помнить, что при записи в шумном помещении микрофон нужно располагать возможно ближе к источнику звука. При этом для улучшения четкости речи позади микрофона полезно натягивать плотную ткань.

Во время записи в тихом помещении при приближении микрофона к источнику звука запись получается более глухой, а при удалении — более гулкой. Нормальное расстояние говорящего или поющего исполнителя составляет 0,4 ÷ 0,5 м от микрофона. Если запись производится на открытом воздухе, то надо оберегать микрофон от прямого действия ветра. Для этого можно надеть на микрофон короткий рупор из плотной бумаги. При записи нескольких исполнителей микрофон устанавли-

вается в центре группы исполнителей на высоте 2 ÷ 2,5 м от пола. Запись большой группы исполнителей (например, хора) следует производить с малым уровнем, чтобы избежать комбинационных искажений.

В тексте даны лишь основные советы по проведению записи с микрофона, однако эти рекомендации достаточны для начинающего звукооператора.

## Глава X

### КОНСТРУКЦИИ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ МАГНИТОФОНОВ

В предыдущих главах рассматривались основные вопросы конструирования отдельных узлов лентопротяжных механизмов и усилителей.

В настоящей главе для иллюстрации конструкций магнитофонов приводятся описания любительских аппаратов магнитной звукозаписи, выполненных авторами. Первая конструкция, представляющая собой одномоторный магнитофон с универсальным усилителем для записи и воспроизведения, сравнительно проста и может быть изготовлена радиолюбителями средней квалификации.

В качестве второй конструкции приводится описание трехмоторного двухскоростного магнитофона, обеспечивающего высококачественное воспроизведение звука. По своим показателям он приближается к первоклассным промышленным аппаратам. Изготовление такого магнитофона достаточно сложно, поэтому его можно рекомендовать лишь опытным радиолюбителям, располагающим соответствующей измерительной аппаратурой.

#### ПРОСТОЙ ОДНОМОТОРНЫЙ МАГНИТОФОН

Магнитофон обеспечивает запись и воспроизведение полосы частот от 100 до 8000 гц при скорости движения ленты 190,5 мм/сек. Магнитофон рассчитан на использование ферромагнитной ленты типа 2 или СН и высокоомной универсальной головки с шириной рабочего зазора не более 10 микрон.

Выходная мощность усилителя при воспроизведении порядка 2 вт. Коэффициент нелинейных искажений не превышает 5% на частоте 400 гц. Кассеты магнитофона вмещают 500 м ферромагнитной ленты, что позволяет производить непрерывную запись в течение 44 мин. Можно использовать стандартные кассеты от массовых магнитофильмов. Магнитофон оформлен в виде переносной конструкции. Лентопро-

тяжный механизм монтируется в ящике вместе с усилителем и блоком питания.

Лентопротяжный механизм. Внешний вид лентопротяжного механизма показан на рис. 117 а и 117 б. Он выполнен по

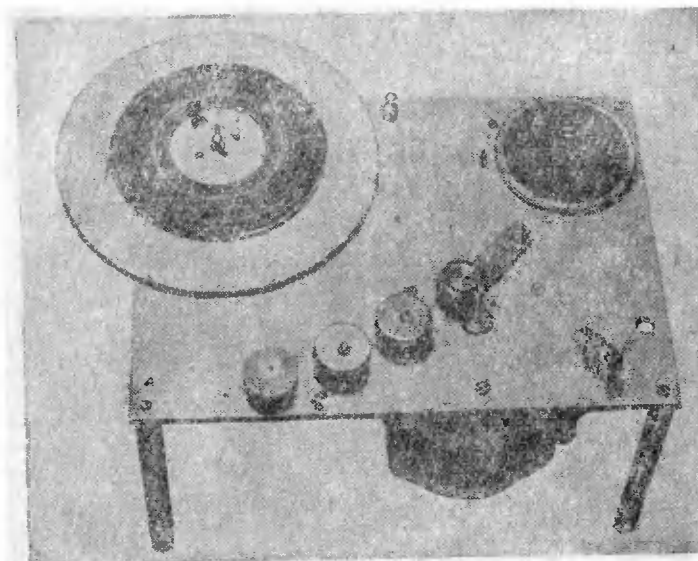


Рис. 117 а

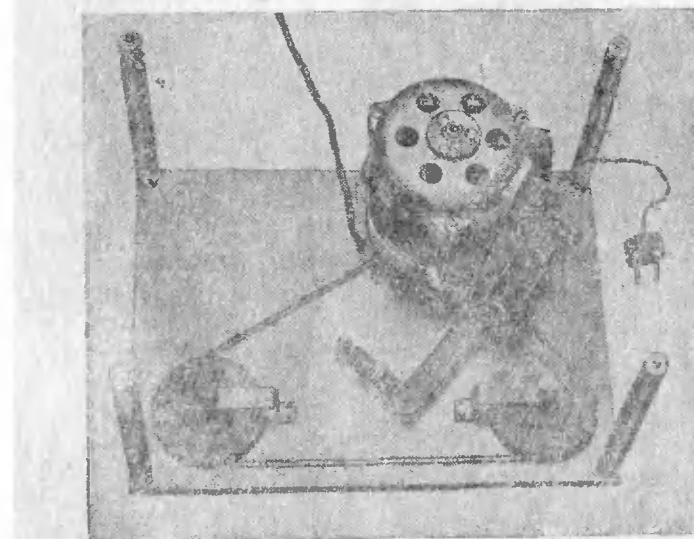


Рис. 117 б

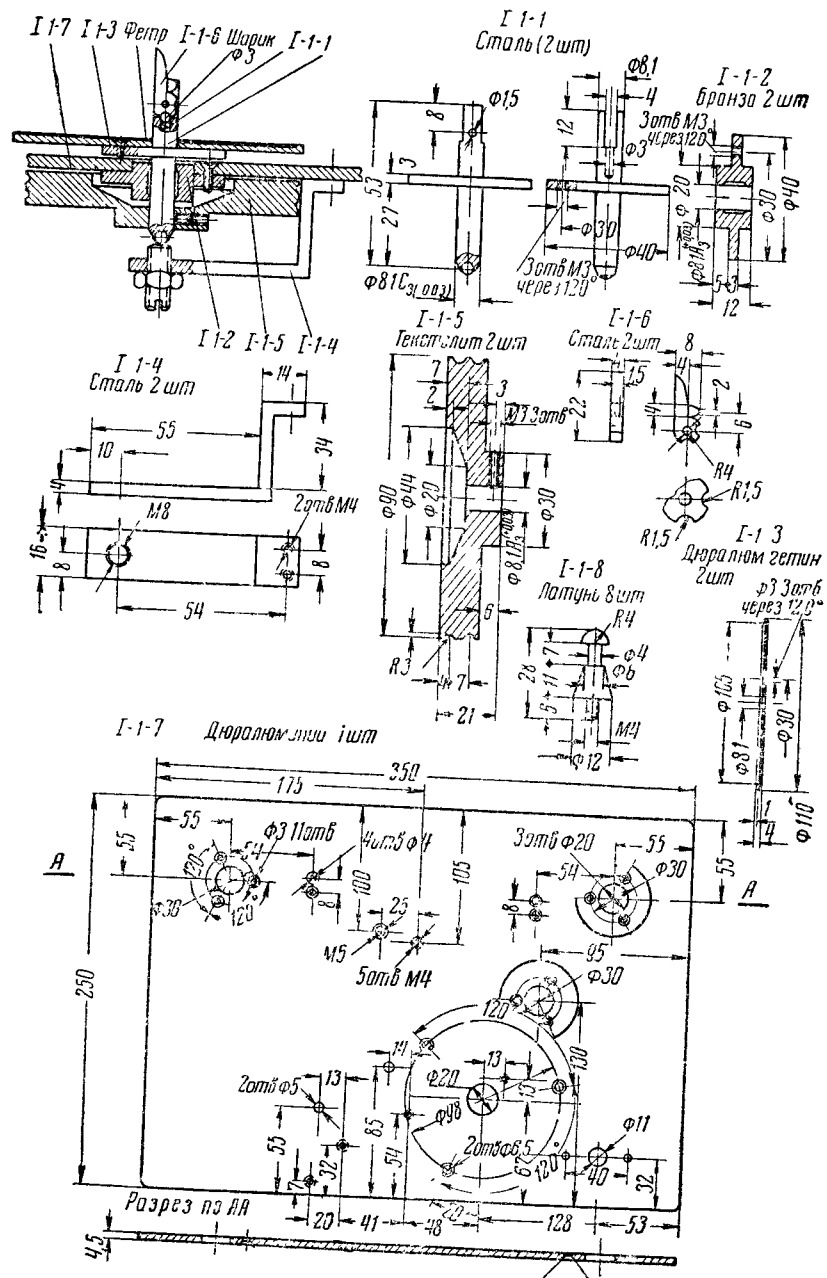


Рис. 117 в

кинематической схеме, показанной на рис. 27. Лентопротяжный механизм состоит из трех основных узлов, предназначенных для подмотки ленты 1, обратной перемотки 1 и протягивания ленты 2. По своей конструкции узлы подмотки и обратной перемотки совершенно однотипны. Конструкция узла подмотки и обратной перемотки ленты приведена на рис. 117 в. Она представляет собой ось 1—1, свободно вращающуюся в подшипнике скольжения 1—2, на которой укрепляются подтарельник 1—3 и шкив 1—5.

Подтарельник 1—3 — диск, на который наклеивается фетр или сукно. Сцепление кассет с подтарельником осуществляется вследствие трения между кассетой и фетром.

Кассеты можно жестко связать с подтарельниками. Для этого в верхней части оси подтарельника имеется защелка 1—6, которая при помощи пружины и шарика может фиксироваться в вертикальном и горизонтальном положении. Если защелку опустить вниз, то палец защелки, попадая в паз кассеты, жестко связывает ее с подтарельником.

Узел протягивания ленты 2 (рис. 118) состоит из двигателя с укрепленным на его оси насадкой 2—2 и шкивом 2—9, а также прижимного ролика, состоящего из деталей 2—5, 2—4, 2—3, 2—6, 2—7, 2—8, 2—1, 2—11. Прижимной ролик в режиме записи и воспроизведения, а также при прямой и обратной перемотке прижимается к ведущей насадке пружинной. При выключении двигателя ролик отжимается от ведущей насадки тягой 2—13, которая связана с рычагом 2—12, укрепленным на переключателе типа ПУМ. Этот же переключатель используется и для включения двигателя. Фиксатор переключателя удерживает ролик при выключенном механизме в отжатом состоянии.

Все узлы механизма собираются на основной панели 1—7 (рис. 117 в). Вращение узлов подмотки и обратной перемотки осуществляется от ведущего двигателя при помощи одного пассива диаметром 4—6 мм, который одновременно охватывает все три шкива.

В качестве ведущего двигателя лентопротяжного механизма используется двигатель ДВА-УЗ. Может быть использован и любой другой двигатель с достаточно жесткой механической характеристикой. Необходимая мощность на валу двигателя должна составлять 25 ватт. Диаметр ведущей насадки для скорости 190,5 мм/сек при использовании двигателя со скоростью вращения 1500 об/мин должен составлять 2,5 мм; для скорости 381 мм/сек — 5,1 мм.

Правильно собранный лентопротяжный механизм не требует какой-либо регулировки. Следует лишь обратить внимание, чтобы натяжение пружины прижимного ролика не было слишком велико. Натяжение ленты при рабочем ходе и

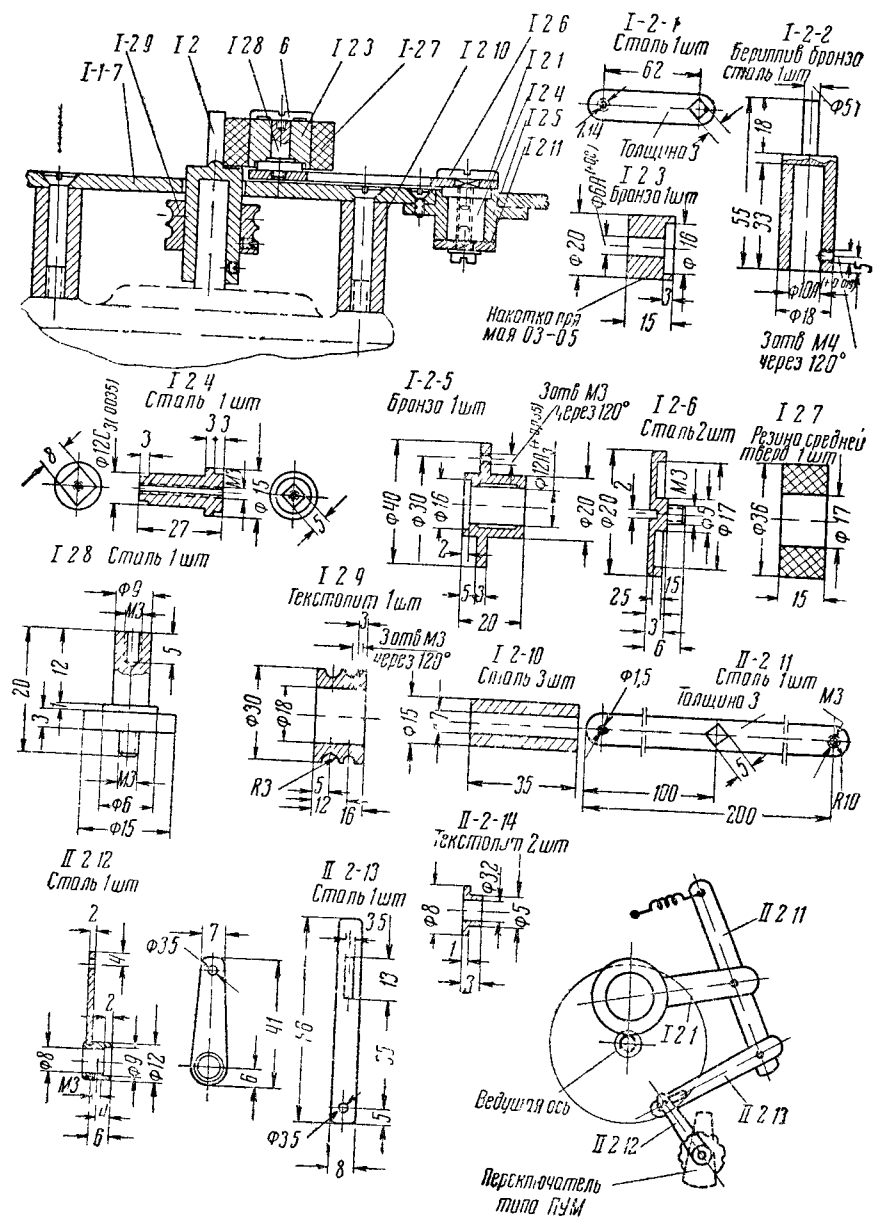


Рис. 118

ускоренных перемотках не должно превышать 100 — 150 г, в противном случае нужно несколько уменьшить диаметр фетровой прокладки.

**Электрическая часть магнитофона.** В магнитофоне имеется один универсальный усилитель, принципиальная схема которого приведена на рис. 119.

Усилитель состоит из четырех каскадов, собранных на лампах пальчиковой серии. Первые три каскада используются как при записи, так и при воспроизведении. В качестве четвертого — выходного каскада при записи используется правый (по схеме) триод лампы  $L_2$ , а при воспроизведении — лучевой тетрод 6П1П. Применение отдельных выходных каскадов для записи и воспроизведения облегчает налаживание усилителя и позволяет без дополнительного переключения осуществить отдельно коррекцию, необходимую для режимов записи и воспроизведения. В случае общего усилительного тракта для коммутации корректирующих элементов требуются переключатели, реле и т. п.; при постройке магнитофона начинающим радиолюбителем это снижает устойчивость работы усилителя и затрудняет его налаживание.

В режиме записи на сетку первого каскада лампы  $L_1$  поступает напряжение от микрофона или (через делитель  $R_1$  —  $R_2$ ) от звукоусилителя. При воспроизведении к сетке этого каскада подсоединяется универсальная головка.

Регулировка уровня сигнала производится потенциометром  $R_{10}$  в цепи сетки левого (по схеме) триода лампы  $L_2$  (с ним совмещен выключатель сети  $BK_1$ ). Коррекция в усилителе распределена таким образом, что подъем высших частот производится как при записи, так и при воспроизведении, а низших частот — только при воспроизведении. Высокочастотная коррекция осуществляется путем применения отрицательной обратной связи по току в катode левого (по схеме) триода лампы  $L_2$ . Конденсатор  $C_7$  уменьшает величину отрицательной обратной связи на высоких частотах, тем самым повышая на этих частотах усиление каскада. Степень коррекции частотной характеристики на высших частотах можно регулировать подбором емкости конденсатора  $C_7$  и изменением величины сопротивления  $R_{12}$ . Подъем низших частот при воспроизведении осуществляется также с помощью цепи отрицательной обратной связи. Напряжение обратной связи подается из анодной цепи лампы  $L_3$  на ее управляющую сетку (через делитель, образованный сопротивлением  $R_{20}$   $R_{21}$  и двумя параллельными цепочками  $R_{22}$ ,  $C_{14}$  и  $R_{23}$  и последовательно с ними включенным конденсатором  $C_{15}$ ). Подбором емкости конденсатора  $C_{15}$  можно изменять величину отрицательной обратной связи на низших частотах. Последовательное включение конденсатора  $C_{14}$  и сопротивления  $R_{22}$

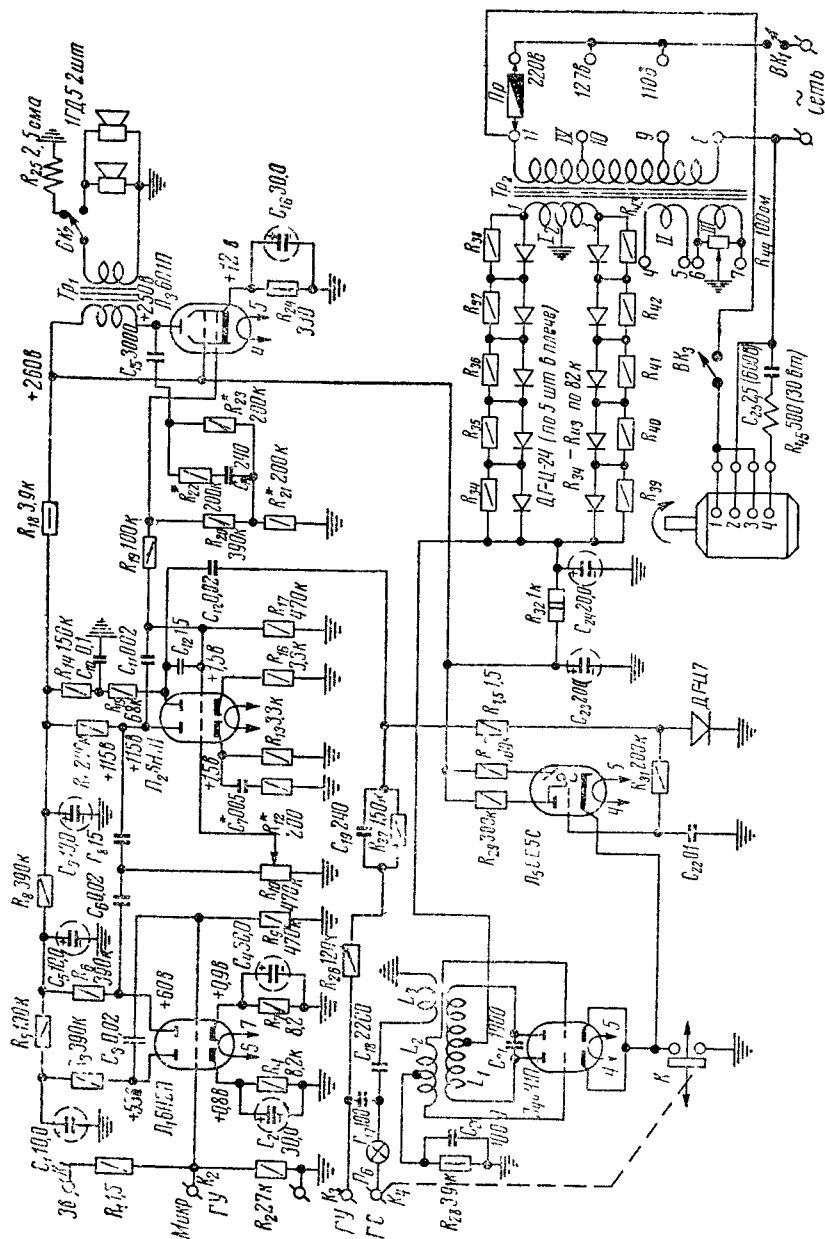


Рис 119

создает небольшой завал в области высших частот, что приводит к уменьшению уровня прослушиваемых шумов.

Для контроля уровня записываемого сигнала к анодной цепи лампы  $\Lambda_2$  подключен оптический индикатор настройки — лампа 6Б5С. В качестве детектора в сеточную цепь этой лампы включен кристаллический диод ДГ-Ц7.

Необходимая величина записываемого сигнала устанавливается ручкой потенциометра  $R_{10}$ . При включении универсальной головки в гнезда для записи  $K_3$  с помощью контактов  $K$  замыкается на землю катод лампы 6Б5С и катоды лампы  $\Lambda_4$  — высокочастотного генератора. Контакт  $K$  конструктивно объединен с гнездами  $K_3$ . В режиме воспроизведения универсальная головка переставляется в гнезда  $K_2$ , соединенные с сеткой первого каскада. При этом контакт  $K$  размыкается и высокочастотный генератор и индикатор уровня выключаются. Ток высокочастотного подмагничивания вводится в универсальную головку по параллельной схеме. Выбор необходимой величины тока производится путем изменения емкости конденсатора  $C_{17}$ .

Стирающая головка подбором емкости конденсатора  $C_{18}$  настраивается в резонанс с частотой тока генератора. В момент резонанса лампочка  $\Lambda_6$  будет светиться с наибольшей яркостью. Генератор токов стирания и подмагничивания собран по двухтактной схеме на лампе 6Н1П ( $\Lambda_4$ ). Частота колебаний генератора — порядка 50 кГц. Ток стирания при использовании низкоомной стирающей головки 150 мА. Для контроля работы генератора последовательно со стирающей головкой включена лампочка от карманного фонаря  $\Lambda_6$  (рассчитанная на ток 0,28 А при напряжении 3,5 В).

Для улучшения качества звучания в магнитофоне используются два динамических громкоговорителя типа 1ГД9. Сопротивление звуковой катушки каждого громкоговорителя около 5 Ом. Подключение их ко вторичной обмотке выходного трансформатора  $T_2$  производится с помощью выключателя  $Вк$ . Это сделано из-за необходимости отключать громкоговоритель при записи с микрофона. При записи со звуко-снимателя громкоговорители могут оставаться включенными, что наряду с оптическим индикатором позволит вести слуховой контроль.

Питание анодных и экранных цепей ламп усилителя производится от выпрямителя, собранного по двухполупериодной схеме с использованием плоскостных полупроводниковых диодов ДГ-Ц24. С целью упрощения конструкции в схеме выпрямителя отсутствует дроссель фильтра. Выпрямленное напряжение через  $\Pi$ -образный фильтр, образованный сопротивлением  $R_{32}$  и конденсаторами  $C_{23}$  и  $C_{24}$ , поступает на выходную лампу  $\Lambda_3$  и на оптический индикатор  $\Lambda_5$ . Аноды

остальных усилительных ламп питаются через дополнительные развязывающие фильтры.

Для уменьшения фона питания нитей накала первых двух ламп усилителя производится от отдельной обмотки, параллельно которой подключен потенциометр  $R_{44}$ . Первичная обмотка силового трансформатора одновременно является автотрансформатором для двигателя магнитофона.

Данные катушек генератора приведены в главе VI.

Выходной трансформатор  $Tr_1$  собран на сердечнике из пластин Ш-20; толщина набора 30 мм; сердечник собирается с зазором 0,2 мм.

Первичная обмотка наматывается проводом ПЭЛ 0,15 и содержит 3000 витков, вторичная — 68 витков провода ПЭЛ 0,8. Силовой трансформатор собран на сердечнике из пластин Ш-20, толщина набора 60 мм. Данные силового трансформатора приведены в табл. 12.

Таблица 12

Наименование обмотки	Число витков	Номера выводов	Марка и диаметр провода
Повышающая	1250 1250	1—2 2—3	ПЭЛ 0,15
Накал ламп $L_3$ , $L_4$ и $L_5$	29	4—5	ПЭЛ 0,8
Накал ламп $L_1$ и $L_2$	23	6—7	ПЭЛ 0,6
Сетевая	440 70 370	8—9 9—10 10—11	ПЭЛ 0,41

Недостатком приведенной конструкции является наличие шума, возникающего при проскальзывании кассет относительно подтарельника. Для устранения этого недостатка работа магнитофона производится с закрытой крышкой ящика. Наблюдение за количеством ленты в кассетах осуществляют через отверстие, прорезанное в крышке (в отверстие вставлено органическое стекло).

### ТРЕХМОТОРНЫЙ ДВУХСКОРОСТНОЙ МАГНИТОФОН

Магнитофон предназначен для высококачественной записи и воспроизведения звука в стационарных условиях. Лентопротяжный механизм (общий вид показан на рис. 120, а) позволяет осуществить протягивание ферромагнитной ленты

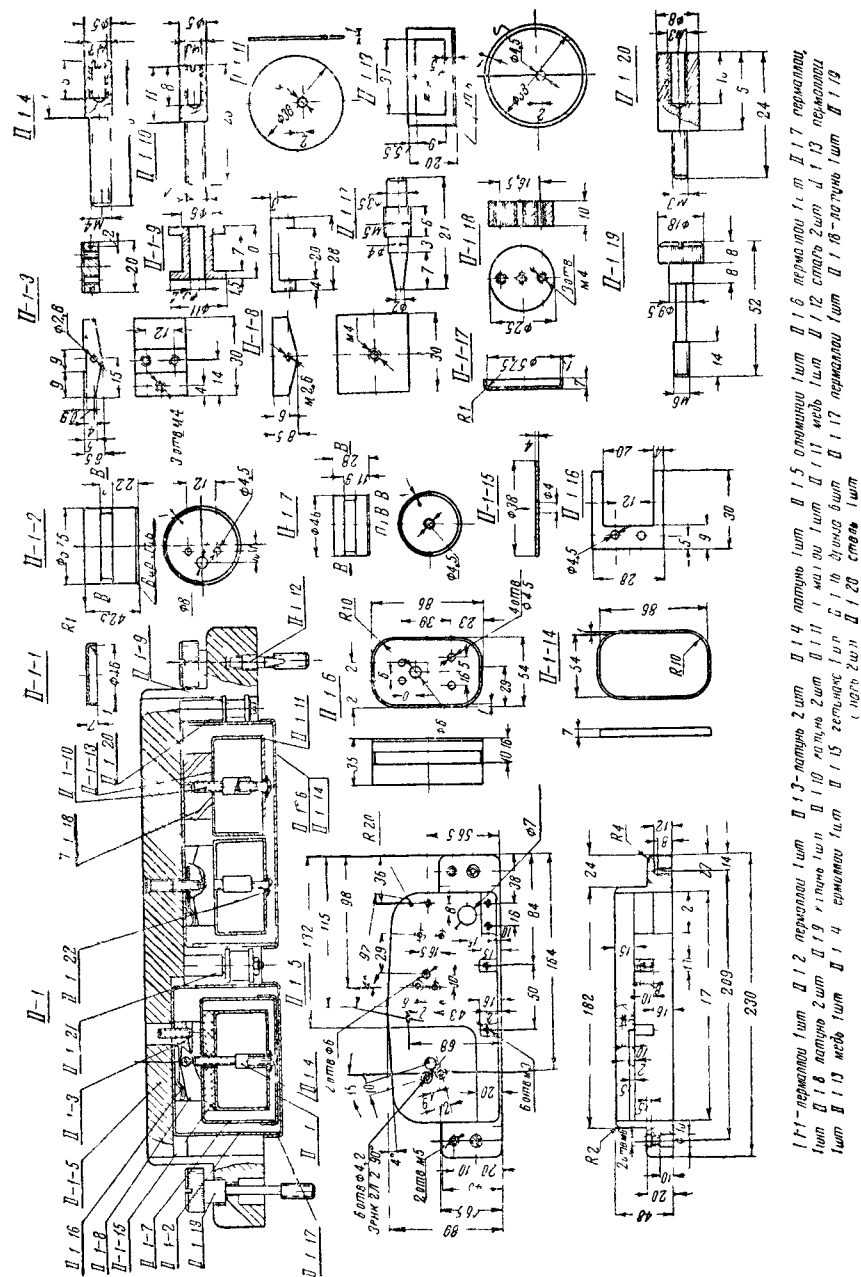


Рис. 120



со скоростью 762 и 381 мм/сек. Переход с одной скорости на другую производится путем изменения числа оборотов ведущего двигателя. Это достигается переключением его статорной обмотки.

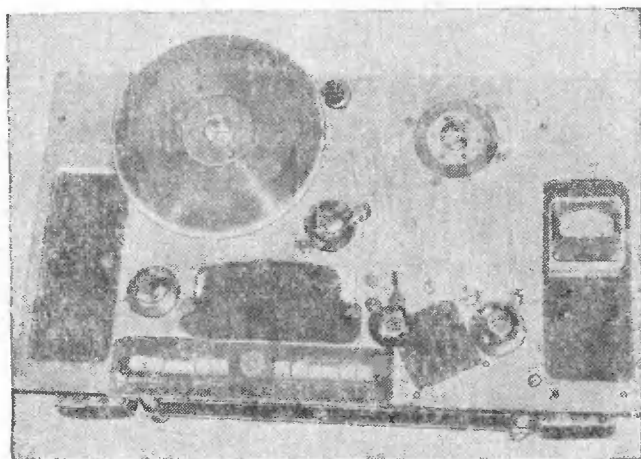


Рис. 120 а

Магнитофон рассчитан на использование ферромагнитной ленты типа 1 и типа 2. Частотная характеристика сквозного канала «запись-воспроизведение» при скорости движения ленты 762 мм/сек составляет 40—15 000 гц, а при скорости 381 мм/сек — 40—12 000 гц. Такая характеристика получается при использовании ферромагнитной ленты типа 2 и головки воспроизведения с шириной рабочего зазора порядка 10 микрон.

Нелинейные искажения сквозного тракта на частоте 400 гц не более 3%; частота токов стирания и подмагничивания порядка 80 кГц; выходная мощность в режиме воспроизведения — 6 Вт.

В магнитофоне используются три головки: высокоомная, стирающая головка, низкоомные записывающая и воспроизводящая головки; последняя имеет ширину рабочего зазора порядка 10 микрон.

Лентопротяжный механизм обеспечивает ускоренную перемотку ленты в прямом и обратном направлениях. Кассеты магнитофона вмещают 1000 м ленты, что обеспечивает непрерывную запись при скорости 762 мм/сек в течение 22 мин., а при скорости 381 мм/сек — 44 мин.

Время ускоренной перемотки 1000 м ленты не превышает 3 мин. Остановка двигателей производится с помощью

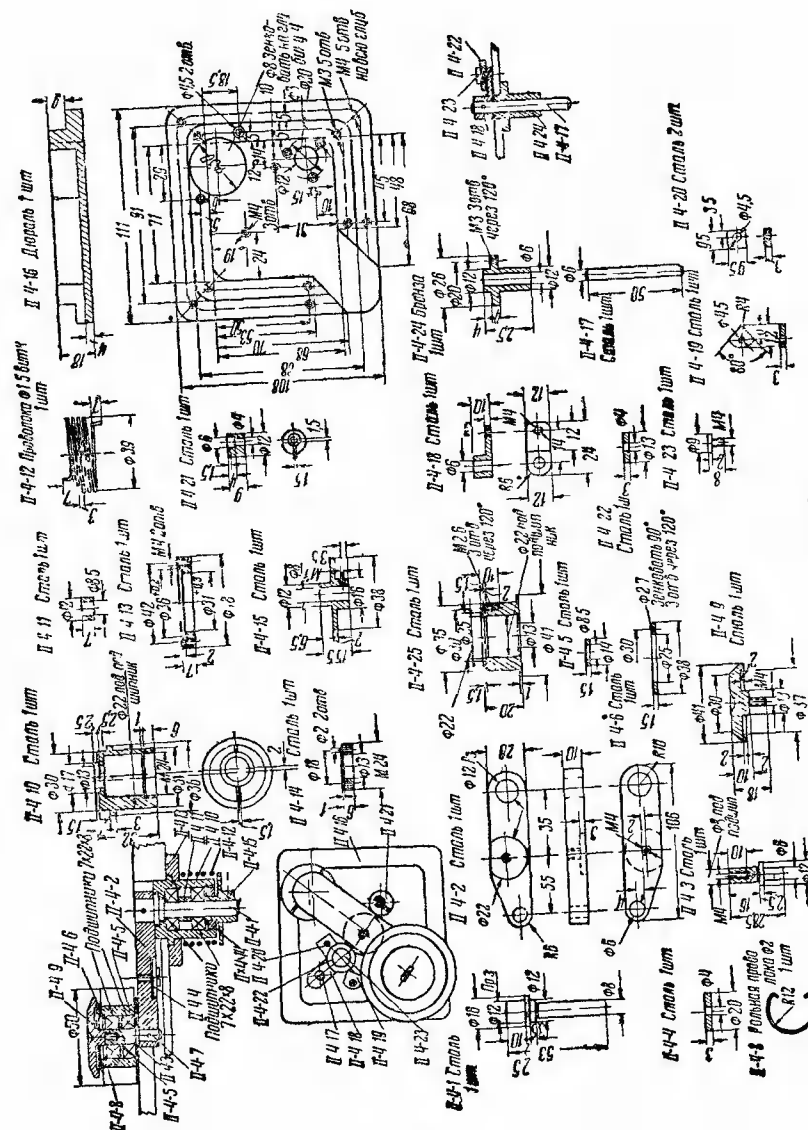


Рис. 121



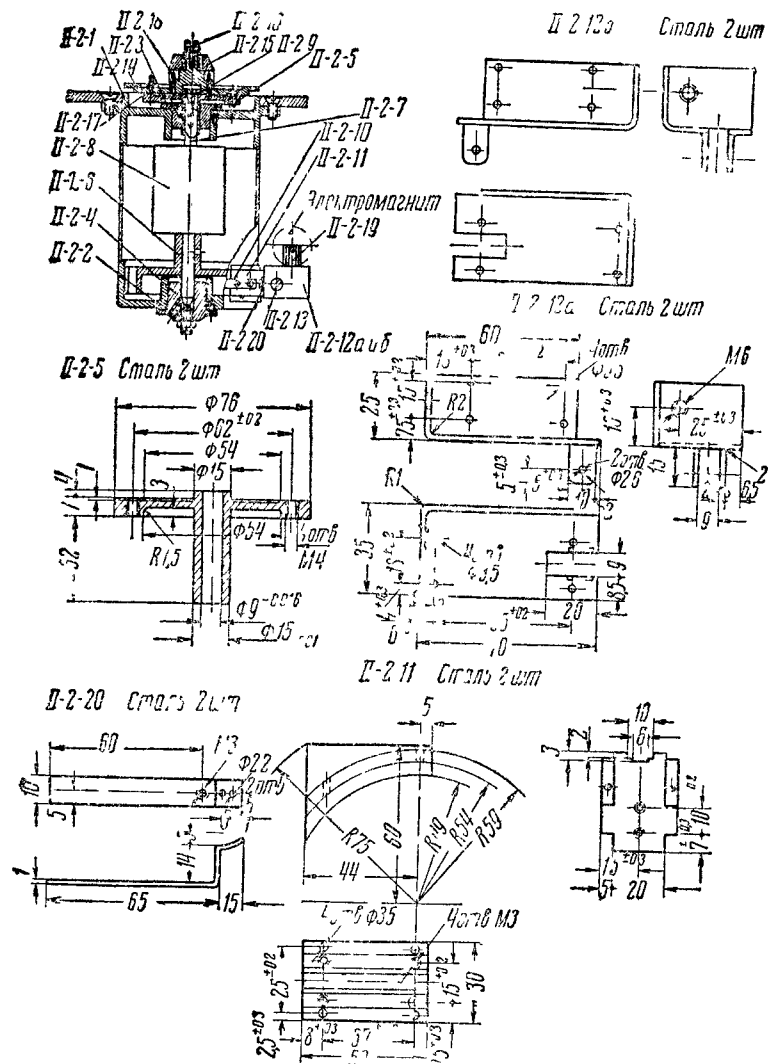
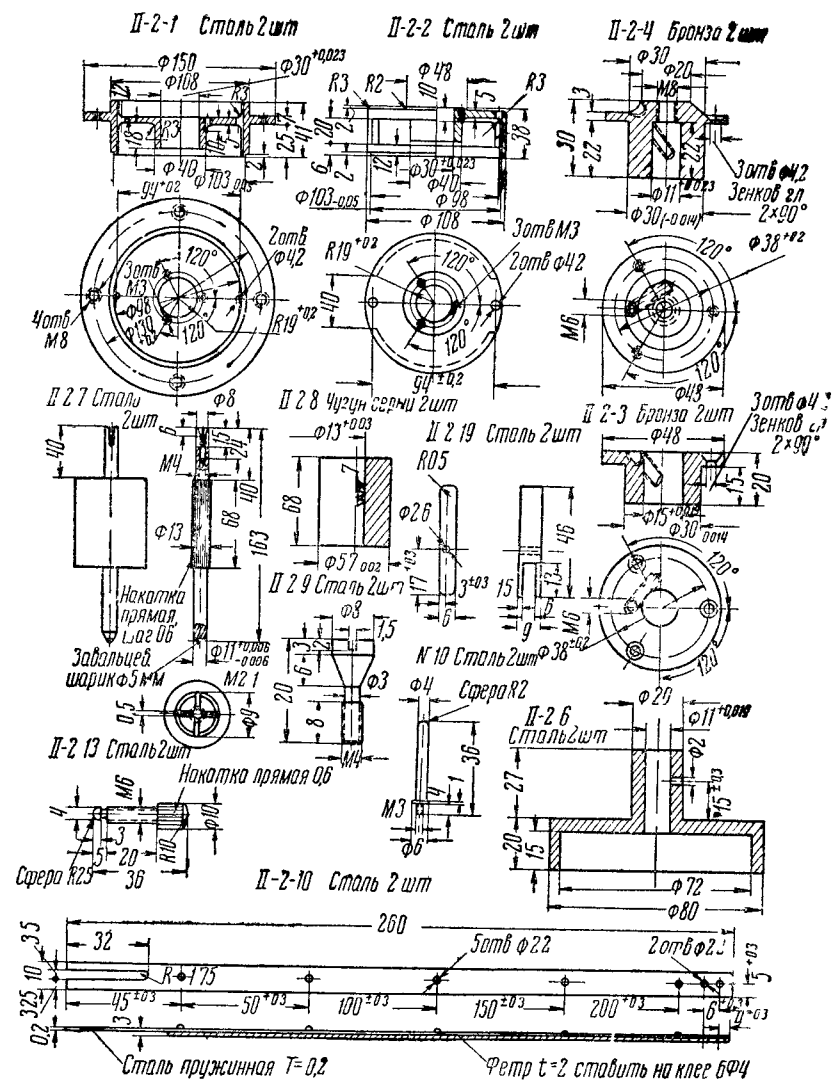


Рис. 122



Продолжение рис. 122

Technical drawing of a mechanical part, likely a housing or base plate, showing top, front, and side views with detailed dimensions and annotations.

**Top View (Left):** Circular features with diameters  $\phi 120$ ,  $\phi 130$ , and  $\phi 140$ . Angles of  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ , and  $270^\circ$  are indicated. A note specifies: "Полка  $\phi 130$  скреплена 2х 4х 90°".

**Front View (Right):** Shows the profile of the part with dimensions: 172, 105, 70, 260, 40, 183, 123, 125, 30, 30, 125, 310. A note indicates "Разрез по А-А".

**Side View (Bottom):** Shows the side profile with dimensions: 172, 105, 70, 260, 40, 183, 123, 125, 30, 30, 125, 310. A note indicates "Разрез по А-А".

**Annotations:**

- Полка  $\phi 130$  скреплена 2х 4х 90°
- Разрез по А-А

**Puc 124**

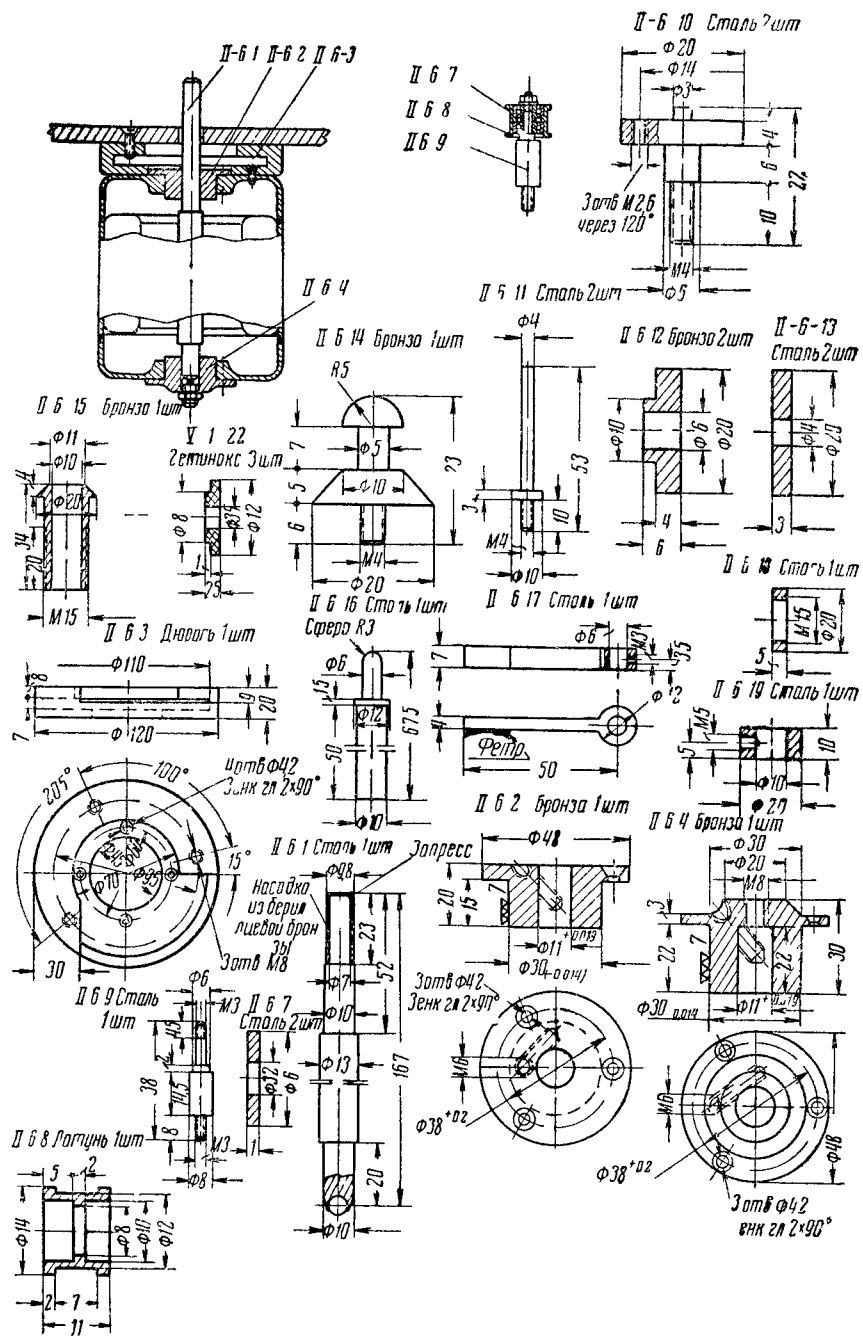
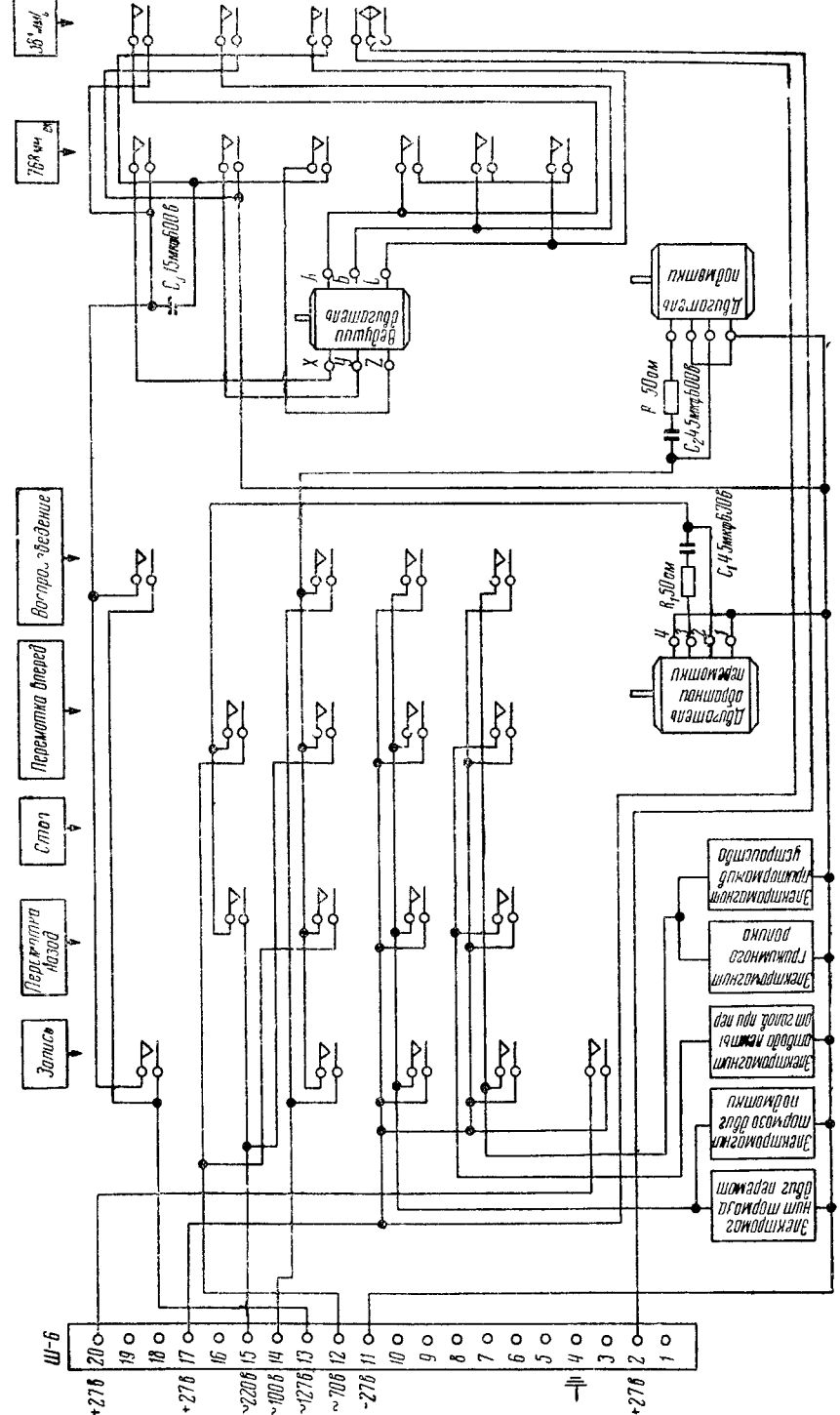
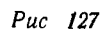


Рис 125





электромеханических тормозов Управление магнитофоном осуществляется пятикнопочным переключателем.

Магнитофон снабжен стрелочным индикатором уровня записи. Контроль работы высокочастотного генератора производится с помощью лампочки, включенной последовательно со стирающей головкой.

Все три двигателя асинхронные, переделанные из двигателей ДО-50. Ведущий двигатель имеет две скорости вращения 1430 и 715 об/мин, боковые двигатели — 650 об/мин; их роторы выполнены из чугуна СЧ-20. Можно также использовать стандартные унифицированные двигатели.

Чертежи основных узлов и деталей приведены на рис. 120, 121, 122, 123, 124 и 125.

**Электрическая часть магнитофона.** В комплект входят: усилитель записи, усилитель воспроизведения, выходной усилитель мощности и блок питания. Схемы коммутации и внешних соединений показаны на рис. 126 и 127

Таблица 13

Блок	Обозначения	Сердечник	Толщина пакета, мм	Зазор, мм	№ обмотки	Число витков	Провод
У.З	$Tr_2$	Ш-19	22	0,2	1—2 3—4	6000 400	ПЭЛ 0,08 ПЭЛ 0,25
У.М	$Tr_1$	Ш-20	3'	—	1—2—3 4—5 6—7	$2 \times 1250$ 80 50	ПЭЛ 0,14 ПЭЛ 0,14 ПЭЛ 1,0
Б.П	$Dr_1$	Ш-20	30	0,2	—	5000	ПЭВ-1 0,12
	$Dr_2$	Ш-25	30	0,2	—	2000	ПЭВ-1 0,38
	$Dr_3$	Ш-25	30	0,2	—	600	ПЭВ-1 0,8
	$Tr_1$	Ш-40	40	—	1—2—3	430+430	ПЭВ-1 0,24
					4—5	8	ПЭВ-1 1,2
					6—7	10	ПЭВ-1 1,2
					8—9	10	ПЭВ-1 1,2
					10—11	14	ПЭВ-1 0,8
					12—13	10	ПЭВ-1 0,8
					14—15	154	ПЭВ-1 0,64
					15—16	22	ПЭВ-1 0,64
					16—17	130	ПЭВ-1 0,41
	$Tr_2$	Ш-32	40	—	1—2	245	ПЭВ-1 0,8
					2—3	105	то же
					3—4	95	»
					4—5	325	»
					6—7	75	ПЭВ-1 0,64

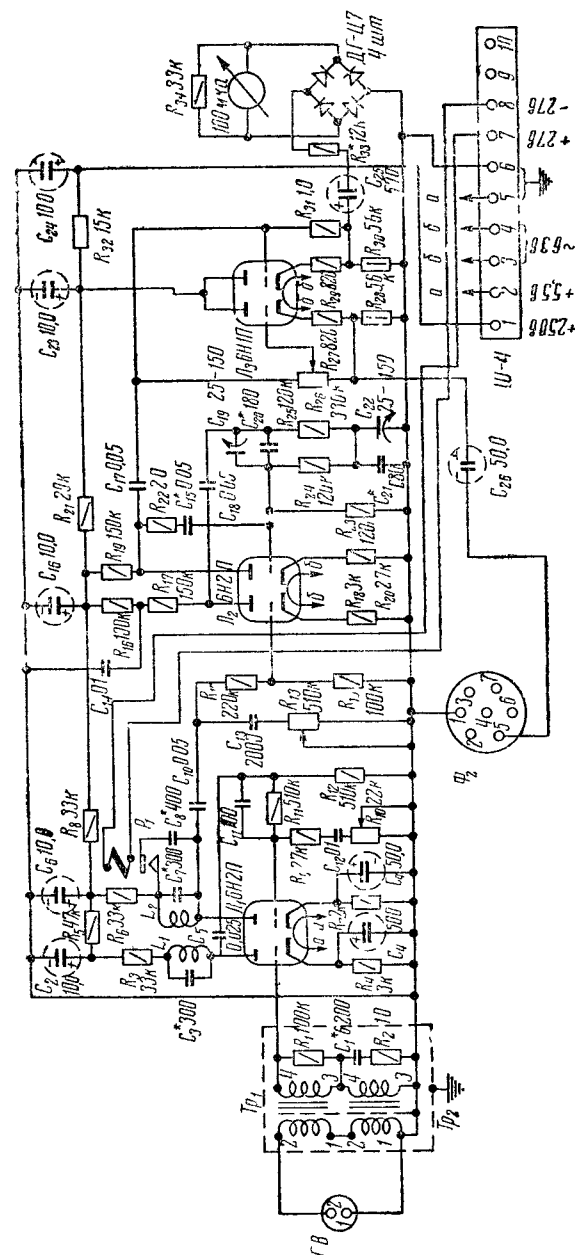


Рис. 129

**Усилитель записи** (рис. 128) состоит из трехкаскадного усилителя и катодного повторителя, собранных на двух лампах:  $L_1$ —6Н2П;  $L_2$ —6Н1П.

Конструктивно на шасси усилителя записи расположен генератор высокой частоты, собранный по двухтактной схеме на двойном триоде типа 6Н1П. Контур генератора наматывается по данным, приведенным на стр. 152.

Коррекция частотной характеристики усилителя записи в области высоких частот осуществляется последовательным контуром  $L_1C_6$ , шунтирующим сопротивление  $R_8$  и частично сопротивление  $R_6$ . Контур коррекции настроен на частоту порядка 14 кГц, что обеспечивает подъем частотной характеристики на этой частоте около 12–14 дБ. Изменение степени коррекции осуществляется поенциометром  $R_6$ .

Для предотвращения замыкания токов высокочастотного подмагничивания через вторичную обмотку выходного трансформатора в цепи записывающей головки включена фильтр-пробка, намотанная, так же как и катушка коррекции  $L_1$ , в бронеовом сердечнике из карбонильного железа типа СБ-3а. Катушка фильтр-пробки содержит 200 витков провода ПЭВ-0,2, а катушка коррекции 3200 витков провода ПЭВ-0,06.

Данные входного трансформатора приведены на стр. 175, выходного трансформатора — в табл. 13.

Коммутации в схеме усилителя записи производятся с помощью реле постоянного тока.

**Усилитель воспроизведения** (рис. 129) содержит четырехкаскадный усилитель на лампах 6Н2П и два катодных повторителя на лампе 6Н1П. Воспроизводящая головка с помощью двухпроводного экранированного кабеля подсоединяется к входному трансформатору. Входной трансформатор двухполосный с большим коэффициентом трансформации (см. табл. 9) обеспечивает хорошее перекрытие собственных шумов усилителя. В анодных цепях первой лампы включены корректирующие контурные катушки, которые по витковому данным и конструкции аналогичны катушке коррекции в усилителе записи. В цепи сетки лампы второго каскада имеются корректирующие RC цепочки для коррекции низких и высоких частот. Плавное изменение частотной характеристики в области высоких частот осуществляется переменным сопротивлением  $R_{13}$ , а в области низких частот —  $R_{10}$ .

Потенциометр  $R_{26}$  служит регулятором усиления. Для снижения нелинейных искажений третий каскад охвачен отрицательной обратной связью по току, а четвертый каскад — как по току, так и по напряжению. Коррекция в области частот 2000—6000 гц осуществляется RC цепочками, включенными между третьим и четвертым каскадами.

**Выходной усилитель мощности** (рис. 130). Первый

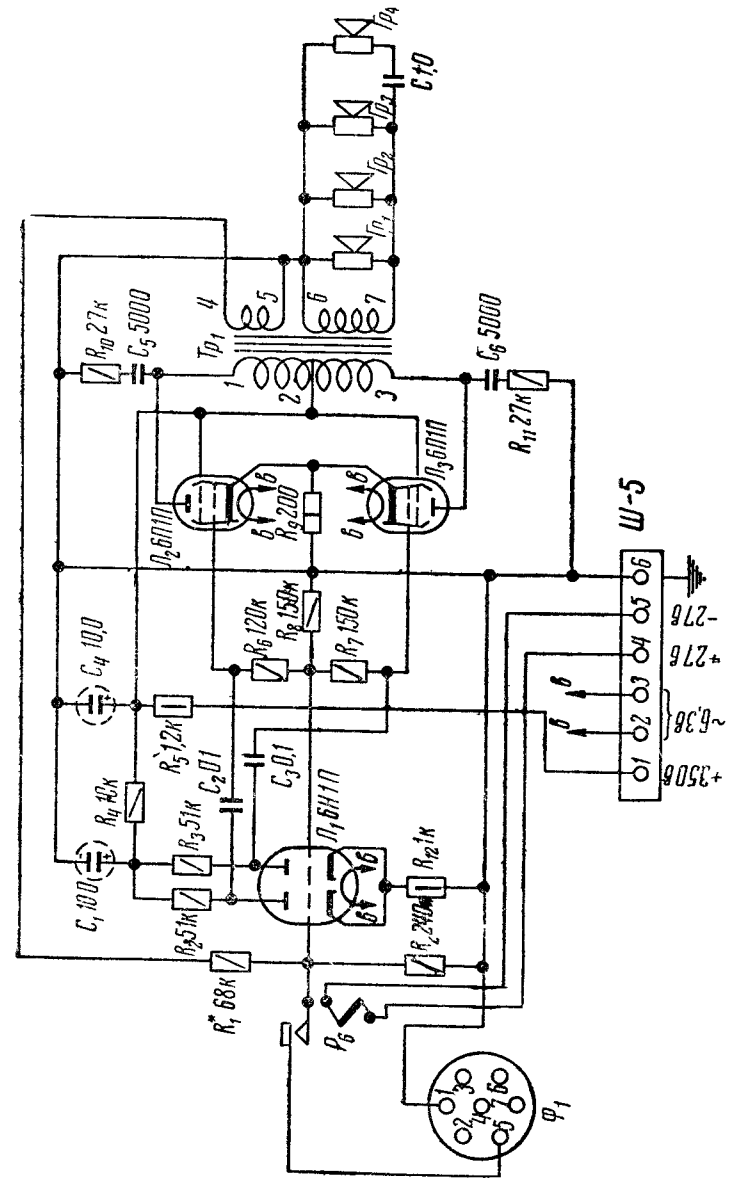


Рис. 130



Усилитель для магнитофона на полупроводниковых приборах	184
Индикаторы уровня записи	186
Конструктивное выполнение усилителей для магнитной звукозаписи	188
Глава VIII. Устройства управления магнитофоном	191
Глава IX. Настройка и эксплуатация магнитофонов	200
Глава X. Конструкции любительских магнитофонов	212
Простой одномоторный магнитофон	212
Трехмоторный двухскоростной магнитофон	220

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Глава I. Физические процессы магнитной звукозаписи	3
Основные процессы при магнитной звукозаписи	6
Искажения при магнитной звукозаписи	13
Способы магнитной записи	24
Глава II. Качественные показатели магнитофонов	30
Глава III Конструкции лентопротяжных механизмов магнитофонов	41
Общая кинематическая схема лентопротяжного механизма	41
Кинематические схемы лентопротяжных механизмов	50
Двигатели лентопротяжных механизмов	62
Конструкция узла протягивания ленты (ведущая ось, прижимной ролик)	81
Узел подмотки и обратной перемотки ленты	94
Узлы передачи вращения и управление ими	103
Стабилизаторы скорости движения звуконосителя	107
Установка магнитных головок	110
Тормоза	117
Общие замечания по конструированию лентопротяжного механизма	124
Глава IV. Звуконосители	126
Механические, эксплуатационные и магнитные свойства звуконосителей	127
Изготовление ферромагнитных лент	131
Электрические показатели ферромагнитных лент	132
Основные показатели ферромагнитных лент	133
Глава V. Магнитные головки	136
Глава VI. Генераторы высокой частоты для стирания и подмагничивания	145
Глава VII. Усилители для магнитной звукозаписи	156
Основные особенности усилителей для магнитной записи звука	156
Усилитель воспроизведения	160
Усилитель записи	173
Полупроводниковые приборы в усилителях магнитной звукозаписи	177



*Анатолий Владимирович Козырев*  
*Марк Абрамович Фабрик*

**КОНСТРУИРОВАНИЕ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ МАГНИТОФОНОВ**

Редакторы *М Д Каневская Л В Троицкий*

Технический редактор *Б И Андрианов*

Корректор *М М Островская*

---

Сдано в набор 17/V 1958 г Подписано к печати 13/I 59 г  
Формат 60×92<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 15 физ и усл п л Уч изд л =13 590  
1 51040 Тираж 30 000 экз Изд № 2 1386

Цена 6 руб в переплете

Издательство ДОСААФ Москва Б 66 Ново Рязанская  
ул, 26

---

1 я типография Профиздата Москва Крутицкий вал 16

**Зак № 1049**