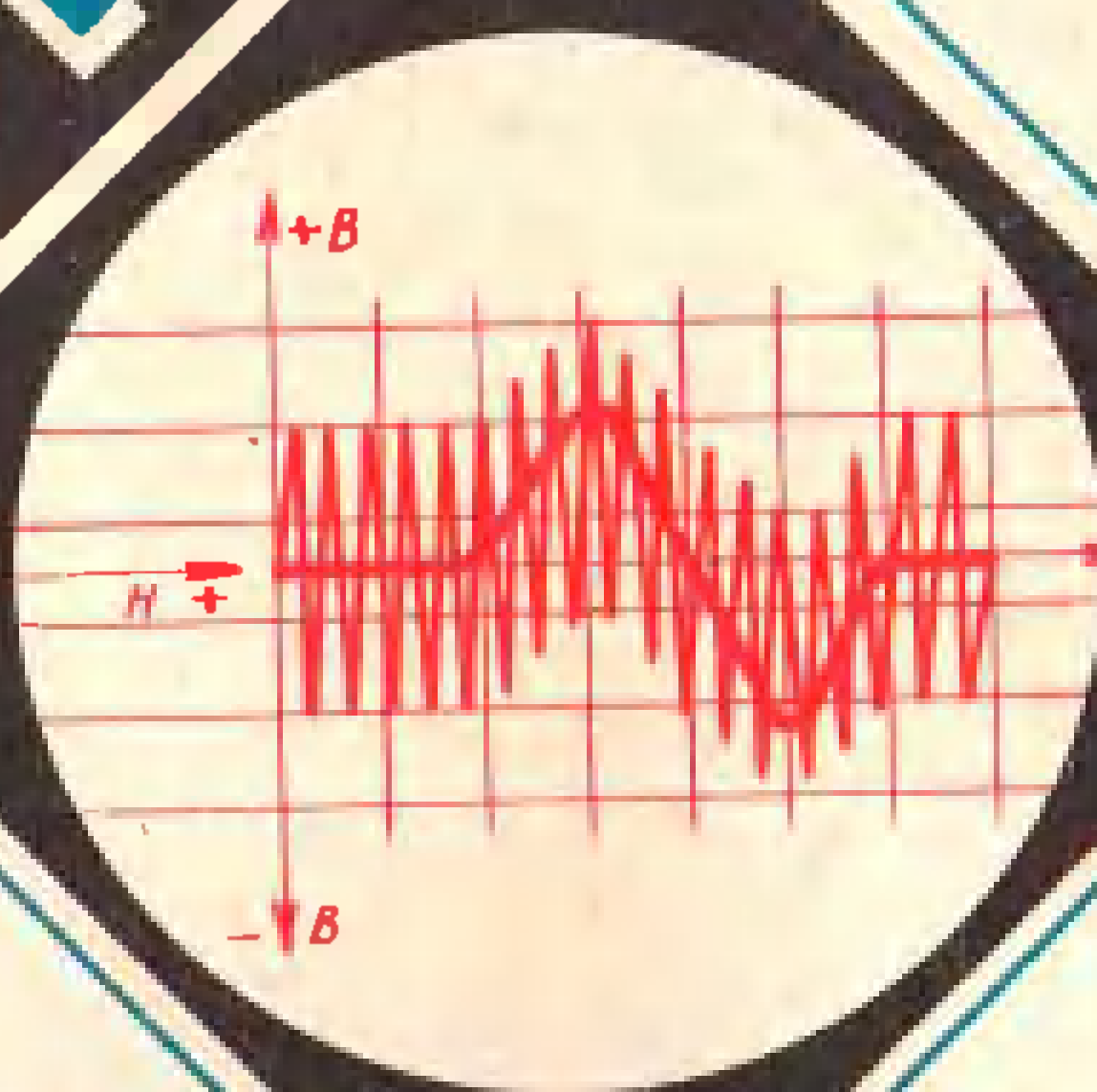


ЮНОМУ  
ТЕХНИКУ



М.С. Бенин  
А.С. Подунов

# ЗВУК НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ

**КОЛ**  
ЮНОМУ  
ТЕХНИКУ

**М.С. Бенин  
А.С. Подунов**

---

# **ЗВУК НА МАГНИТНОЙ ЛЕНТЕ**

КИЕВ «РАДЯНСЬКА ШКОЛА» 1987

32.871  
Б46

БЕНИН М. С., ПОДУНОВ А. С. Звук на магнитной ленте.— Киев: Рад. шк., 1987.— 112 с.— (Юному технику).— 20 к. 160 000 экз.

В книге излагаются основные физические принципы магнитной записи, даются сведения о звуконосителях, акустике, рассматриваются принципы работы схемы современных магнитофонов и вопросы их эксплуатации, приводятся некоторые расчетные данные и справочный материал.

Рассчитана на учащихся общеобразовательных школ, технических училищ, техникумов, интересующихся магнитной записью и воспроизведением звука, и на широкий круг радиолюбителей.

Рукопись рецензировали: канд. пед. наук Б. Ю. Миргородский и учитель физики М. М. Комаренко.

Б 4802020000—269 351—87  
М210(04)—87

© Издательство  
«Радянська школа», 1987



## ВВЕДЕНИЕ

Магнитофон представляет собой удивительное техническое достижение. Трудно даже поверить, что магнитофоны вошли в наш быт всего сорок лет назад, хотя о возможностях использования явления остаточного намагничивания для фиксации электрических колебаний звуковых частот человечество узнало еще в 1888 году.

Через десять лет датский физик В. Паульсен осуществил на практике магнитную звукозапись. Он записал звук на стальную проволоку. И несмотря на то, что аппарат Паульсена, названный им «телеграфом», обладал малой громкостью воспроизведения, а звук имел большие искажения, 1898 год по праву считается годом изобретения магнитной записи. И сегодня в Музее искусств и ремесел в Вене на одном из демонстрируемых телеграфов можно прослушать текст, записанный на стальной проволоке, которая навита на цилиндр аппарата.

В 1928 году В. Пфлюмер (США) запатентовал носитель записи в виде гибкой ленты на бумажной основе с нанесенным на нее магнитным порошком.

В нашей стране работы по магнитной записи и воспроизведению звука были начаты под руководством В. К. Викторского в 1930 году.

1934 год считается годом рождения законченной конструкции магнитофона, когда немецкая фирма «AEG» разработала записывающий аппарат. С 1937 года в германском радиовещании магнитофоны были внедрены в эксплуатацию.

Производство магнитофонов и магнитной ленты в Германии бурно развивается после вмешательства в эту область военного ведомства, которое использовало магнитофоны для записи телефонных разговоров и других целей. В других развитых странах мира в то время аппараты магнитной записи еще не применялись. С 1945 года



магнитная запись получила самое широкое распространение во всех промышленно развитых странах. В нашей стране промышленный выпуск магнитофонов для студий радиовещания начался в 50-х, а бытовых — в 60-х годах.

Первая отечественная магнитная лента была выпущена Шосткинским химкомбинатом в 1954 году. Рабочий слой этой ленты изготовлялся из порошка, состоящего из частиц кубической формы, окиси железа. В 1955 году было освоено производство ленты с порошком феррита кобальта, частицы которого также имеют кубическую форму. После этого начался промышленный выпуск ленты с основой диацилцеллюлозы, а затем ленты толщиной 37 мкм на полиэтилентерефталатной основе.

В конце семидесятых годов произошло разделение бытовых магнитофонов на две группы: высококачественные многофункциональные стационарные модели и максимально простые в эксплуатации, с малой массой и габаритами, обладающие минимальными функциональными возможностями при удовлетворительном качестве звучания с возможностью автономной работы, предназначенные главным образом для воспроизведения записи.

В наши дни магнитная запись получает все более и более широкое распространение и разнообразное применение. Устройствами магнитной записи звука оснащены все современные радиовещательные, телевизионные, измерительные и другие сложные системы передачи и обработки информации. Сегодня магнитофон — один из самых популярных видов бытовой радиоаппаратуры.

Отечественная промышленность предусматривает дальнейшее увеличение производства аппаратуры магнитной записи. В двенадцатой пятилетке намечено перейти в основном на изготовление унифицированной современной электробытовой техники, увеличить производство радиоприемных устройств и магнитофонов в 1,3 раза. Следует ожидать появления самых различных сочетаний магнитофона с радиоприемником, усилительно-коммутационной установкой, электропроигрывающим устройством, телевизором. Происходит дальнейшее усовершенствование бытовой аппаратуры, улучшаются технические характеристики, параметры и эстетика компоновки. Современные магнитофоны отличаются хорошим качеством звучания, содержат целый ряд современных технических усовершенствований и принципиально отличаются от аппаратов ранних выпусков.

В настоящее время доля катушечных магнитофонов

в общем объеме выпуска бытовой аппаратуры магнитной записи составляет около 30%. В ближайшие годы этот показатель будет падать, и к концу двенадцатой пятилетки в производстве останутся катушечные магнитофоны только высшей и первой группы сложности, рассчитанные на потребителей, представляющих особо высокие требования к качеству записи-воспроизведения.

Большинство выпускаемых современных магнитофонов — это кассетные. Они легкие, компактные, простые по конструкции, удобные в эксплуатации, дешевые по сравнению с катушечными. В них широко практикуется унификация отдельных механических и электрических узлов с целью их взаимозаменяемости.

В данной книге излагаются принципы магнитной записи (запись и стирание фонограмм), описываются сигналоносители, показаны конструкции магнитных головок, характеризуются источники питания, акустические системы, даются рекомендации по их эксплуатации, регулировке и ремонту унифицированных узлов и блоков магнитофонов, представлены их типовые структурные и кинематические схемы.



## МАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗВУКА

В магнитофонах при записи *магнитная лента* выполняет роль писчей бумаги: она является средой для хранения информации. Записанные на бумаге в определенном порядке слова мы читаем последовательно в том же порядке по строкам. В магнитофоне *магнитная запись* (сигналограмма) создается с помощью магнитной головки на магнитной ленте, движущейся относительно головки с постоянной скоростью. Чтобы «прочитать» запись, ленту (сигналоноситель) перематывают, а затем записанный сигнал *воспроизводится*.

Магнитная лента имеет тонкую гибкую основу из лавсана, полиэфирных смол, поливинилхлорида или других полимерных материалов. Наиболее широко используется основа из полиэфирной смолы. До недавнего времени для бытовых магнитофонов применялась магнитная лента на триацетатной основе толщиной 55 мкм (тип 2, тип 6), электроакустические свойства которой не обеспечивали высокого качества записи.

Сейчас для магнитофонов выпускаются магнитные ленты на более тонкой полиэтилентерефтолатовой (лавсановой) основе. Они отличаются высокой разрывно-ударной прочностью, устойчивостью размеров, постоянными физико-механическими свойствами при длительной эксплуатации. Хорошая эластичность лент создает благоприятные условия контакта ленты с магнитной головкой, что значительно улучшает звуковоспроизведение. Полированная поверхность рабочего слоя уменьшает абразивность ленты, в результате чего увеличивается срок службы магнитных головок.

Однако, несмотря на такие электроакустические свойства современных магнитных лент, они тем не менее ограничивают дальнейшее улучшение качественных показателей аппаратуры магнитной записи. Дело в том, что магнит-



ный порошок окиси железа, применяемый в современных лентах, имеет ряд недостатков, которые проявляются при записи и воспроизведения звука: недостаточная отдача<sup>1</sup> в области высоких звуковых частот и большие нелинейные искажения.

Сейчас разработаны ленты с лучшими магнитными свойствами, например А4212-3 для кассетных магнитофонов. Это ленты с тонкодисперсной структурой порошка двуокиси хрома, «активированные» кобальтом. Рабочий слой таких лент имеет практически одинаковые по размерам кристаллы частиц, вследствие чего улучшаются значения остаточной намагниченности. Они отличаются малыми нелинейными искажениями, более низким уровнем шума, и, что самое главное, увеличенной отдачей на высоких звуковых частотах при самых малых скоростях движения.

Для получения большего динамического диапазона записи на всех частотах, особенно при малых скоростях движения ленты, в последнее время используются магнитные ленты с двумя рабочими слоями: верхний слой из двуокиси хрома, нижний — из гамма-окиси железа. Составляющие низких частот записываются в нижнем слое, высоких частот — в верхнем. В результате значительно улучшается амплитудно-частотная характеристика. Такие ленты имеют обозначение «ф е р р о х р о м».

Магнитные ленты с рабочим слоем из чистого железа («металлизированные») по ряду параметров (более широкий динамический диапазон, более равномерная частотная характеристика, меньший уровень шума на высоких частотах) превосходят ленты с покрытием из окиси хрома и двухслойные. Использование таких лент позволяет примерно на 1 кГц «поднять» верхнюю границу диапазона записываемых и воспроизводимых частот. Недостатком этих лент является их химическая нестабильность, то есть активное окисление, поэтому рабочий слой необходимо покрывать слоем полимера, что сегодня еще технологически сложно. Кроме этого, такие ленты требуют большего тока подмагничивания.

В нашей стране тип ленты раньше обозначался только порядковым номером разработки (тип 2, тип 6). Согласно ГОСТ 17204-71<sup>2</sup> была введена новая система обозначений

<sup>1</sup> Отдача оценивается значением ЭДС, индуктируемой в обмотке головки при воспроизведении фонограммы с максимальным уровнем записанного сигнала.

<sup>2</sup> ГОСТ 17204 71. Ленты магнитные: Система обозначения типов.— М.: Изд-во стандартов, 1971.— С. 144.



из пяти элементов. Первый элемент — буквенный индекс — обозначает назначение ленты: А — звукозапись, Т — видеозапись. Второй элемент — цифровой индекс (от 0 до 9) — обозначает материал основы, 2 — диацетилцеллюлоза, 3 — триацетилцеллюлоза, 4 — полиэтилентерефталат. Цифровой индекс третьего элемента (от 0 до 9) обозначает толщину ленты: 2 — 18 мкм, 3 — 27 мкм, 4 — 37 мкм, 6 — 55 мкм, 9 — свыше 100 мкм. Четвертый элемент — цифровой индекс (от 01 до 99) — указывает номер технологической разработки. Пятый элемент, отделенный от предыдущих дефисом, — это технологические параметры ленты. После него ставят дополнительный буквенный индекс: П — для перфорированных лент, Р — для лент, используемых в радиовещании, Б — для лент к бытовым магнитофонам.

Например, лента, имеющая обозначение А4403-Б, предназначена для звукозаписи, изготовленная на полиэтилентерефталатовой основе толщиной 37 мкм — для бытовых и репортажных магнитофонов, а также для настройки магнитофонов.

ГОСТом 8303-76 установлены следующие толщины магнитных лент: 55, 37 и 18 мкм. На лентах толщиной свыше 55 мкм, выпускаемых в нашей стране, на обратной стороне наносится маркировка, содержащая название завода-изготовителя, тип ленты и номер, две первые цифры которого обозначают год изготовления, а остальные — номер полива.

Для получения качественной записи при использовании в магнитофоне различных лент для каждого типа подбирают оптимальный режим работы генератора подмагничивания. В некоторых отечественных магнитофонах, например «Весна-001-стерео», предусмотрено ручное переключение режимов для лент «ферро» и «хром». Некоторые новейшие аппараты оснащены микропроцессором, который обеспечивает установку всех рабочих параметров магнитофона при использовании любой современной магнитной ленты. При нажатии кнопки «Проверка» происходит испытание каждой новой ленты и подбирается оптимальный режим записи. При воспроизведении микропроцессор выявляет искажения и проводит соответствующую настройку магнитофона. Если на магнитофон поставлена лента низкого качества, загорается красная лампочка, сигнализирующая о том, что получить хорошую запись не удастся.

Приведем несколько практических советов по эксплуатации и сохранности магнитных лент. Ленту перед использованием следует перемотать и очистить ее рабочий слой



от пыли, например, прижимая к ней фильтровальную бумагу. В немалой степени сохранности ленты способствует наличие ракордов. Рекомендуется к началу и концу магнитной ленты приклеивать отрезки цветной ракордной ленты. Конец ленты обозначают ракордом красного цвета, а цветом ракорда, подклеенного к началу ленты, указывают скорость записи: зеленым — 19 см/с, синим — 9 см/с. Матированная поверхность ракорда дает возможность делать на ней карандашом различные пометки. При правильной эксплуатации ленты на лавсановой основе записи на них могут сохраняться без заметных изменений качества в течение 20—25 лет.

Теперь, когда мы ознакомились с магнитными лентами, рассмотрим способы записи сигналов на магнитную ленту и их последующего воспроизведения.

Чтобы входной сигнал без искажений был зафиксирован на магнитной ленте, используют устройство, содержащее соответствующие электрические цепи и обеспечивающее движение ленты с постоянной скоростью. Проследим, что происходит со *звукосигналом*, полученным, например, от электрофона или микрофона и поданным на вход магнитофона.

Для записи усиленного и отработанного в корректирующем усилителе звукового сигнала его преобразовывают так, чтобы он был зафиксирован на ленте. Это преобразование осуществляется магнитной головкой. После прохождения через различные каскады усиления и частотной коррекции звуковой сигнал подается на головку записи.

Магнитная лента движется перед *зазором* магнитной головки, через обмотку катушки которой проходят токи, создающие достаточно сильное магнитное поле записываемой частоты.

Амплитуда действующего магнитного потока в зазоре головки изменяется в соответствии с электрическими колебаниями. Сигналоноситель (как правило, магнитная лента) равномерно движется в поле, создаваемом магнитной головкой. В каждый момент времени участок сигналоносителя, расположенный в магнитном поле, намагничивается этим полем. В следующий момент в поле головки поступает другой участок магнитной ленты. Значение индукции магнитного поля головки записи изменяется в зависимости от изменения силы тока записывающего сигнала. Ферромагнитный слой обычно представляют в виде большого количества элементарных магнетиков, которые ориенти-



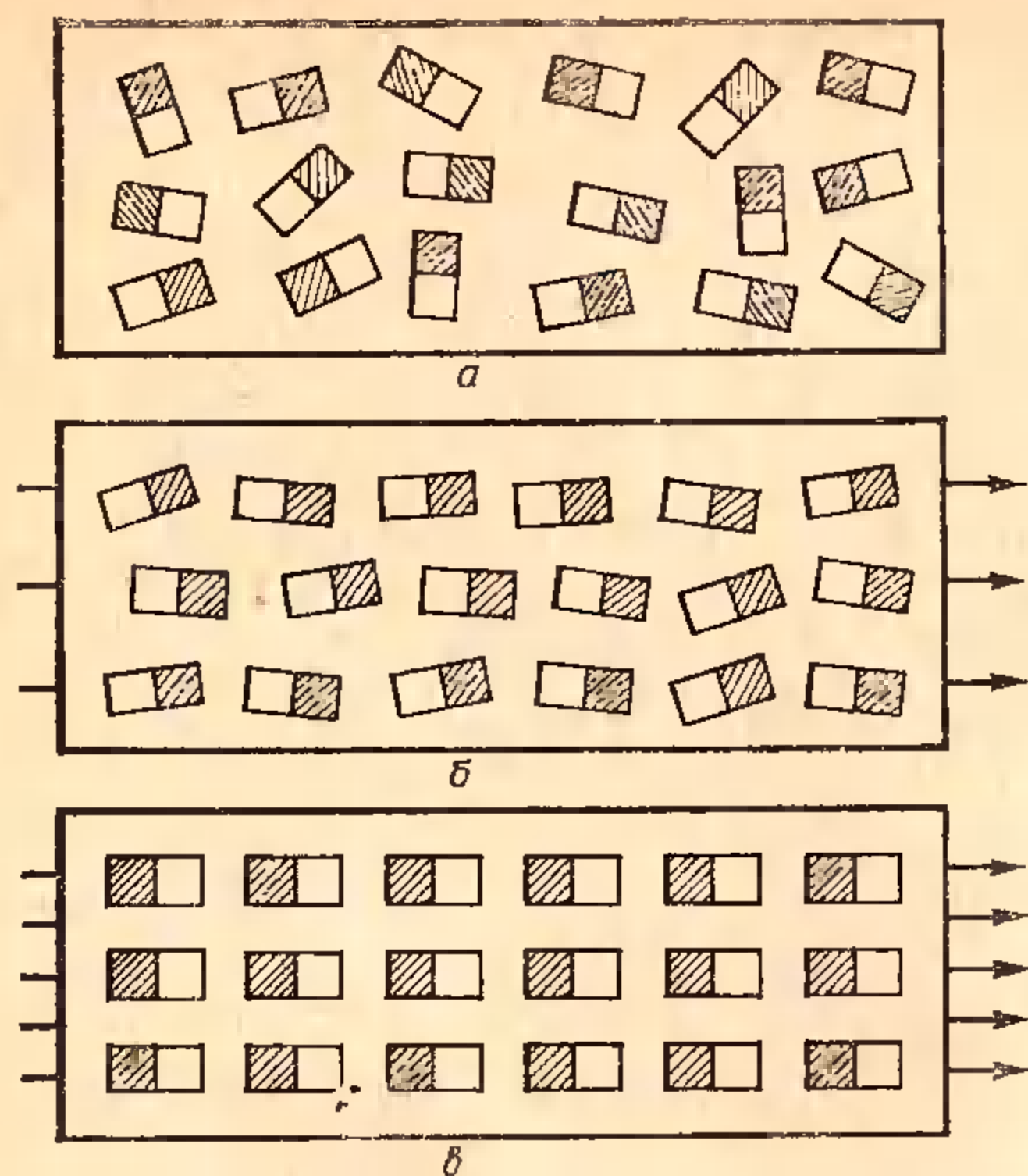


Рис. 1. Физическая картина намагничивания магнитной ленты: а — размагничена; б — частично намагничена; в — полностью намагничена.

длине намагничивается неодинаково. Таким образом, на сигналоносителе записывается магнитная сигналограмма остаточного намагничивания в соответствии с изменениями записываемого сигнала.

Для использования записанной информации необходим «процесс воспроизведения». Воспроизведение сигнала с магнитной ленты — это процесс обратный по отношению к процессу записи. Поэтому магнитную ленту, плотно прижатую к зазору воспроизводящей головки, пропускают с той же скоростью, что и при записи. Каждый из намагниченных при записи участков сигналоносителя при соприкосновении с сердечником магнитной головки воспроизведения создает в сердечнике этой головки магнитный поток. Изменение магнитного потока, проходящего через сердечник головки, вызывает появление в обмотке сердечника ЭДС электромагнитной индукции. Следовательно, процесс магнитной записи сигнала заключается в намагничивании сигналоносителя магнитным полем записывающей головки при прохождении сигналоносителя мимо ее зазора. Процесс воспроизведения сигнала с магнитной ленты состоит в возбуждении ЭДС индукции в обмотке воспроизводящей головки в зависимости от намагниченности участка движущейся мимо нее магнитной ленты.

руются при воздействии на них магнитного поля (рис. 1). На рис. 1, а показана лента с полностью размагниченным рабочим слоем. На рис. 1, б слой частично намагничен, а на рис. 1, в — намагничен полностью.

Каждый элемент магнитной ленты, который прошел магнитное поле головки записи, сохраняет некоторую остаточную намагниченность. Так как на разные участки магнитной ленты действуют при записи разные магнитные поля, то в результате лента по всей



Различают записывающие, воспроизводящие и стирающие магнитные головки. В некоторых бытовых магнитофонах функции записи и воспроизведения выполняет одна *универсальная головка*.

Записывающая головка преобразует электрические колебания звуковой частоты в колебания магнитного поля в зазоре головки, а в обмотке воспроизводящей головки индуцируется ЭДС индукции, пропорциональная остаточной намагниченности сигнала носителя.

Магнитная головка (рис. 2) состоит из магнитопровода 1, выполненного из двух полуколец, и электрической обмотки 2, разделенной на две секции. Магнитопровод имеет два зазора — передний (рабочий) 4 и задний (дополнительный) 5.

Записывающая, воспроизводящая и стирающая головки отличаются между собой наличием или отсутствием дополнительного зазора, различной шириной рабочего зазора, неодинаковым количеством витков обмоток, различным диаметром провода обмотки. Магнитопровод магнитной головки набирается из тонких (0,1—0,2 мм) пластинок, материал которых обладает высокой магнитной проницаемостью (пермаллой или другие сплавы). Иногда используется феррит. Рабочий зазор головки заполняется прокладкой, обладающей приблизительно такой же стойкостью к стиранию, как и материал магнитопровода. У записывающей и воспроизводящей головок он обычно заполняется бериллиевой или фосфористой бронзой, а у стирающей — латунью или медью. У стирающей головки задний зазор достаточно ши-

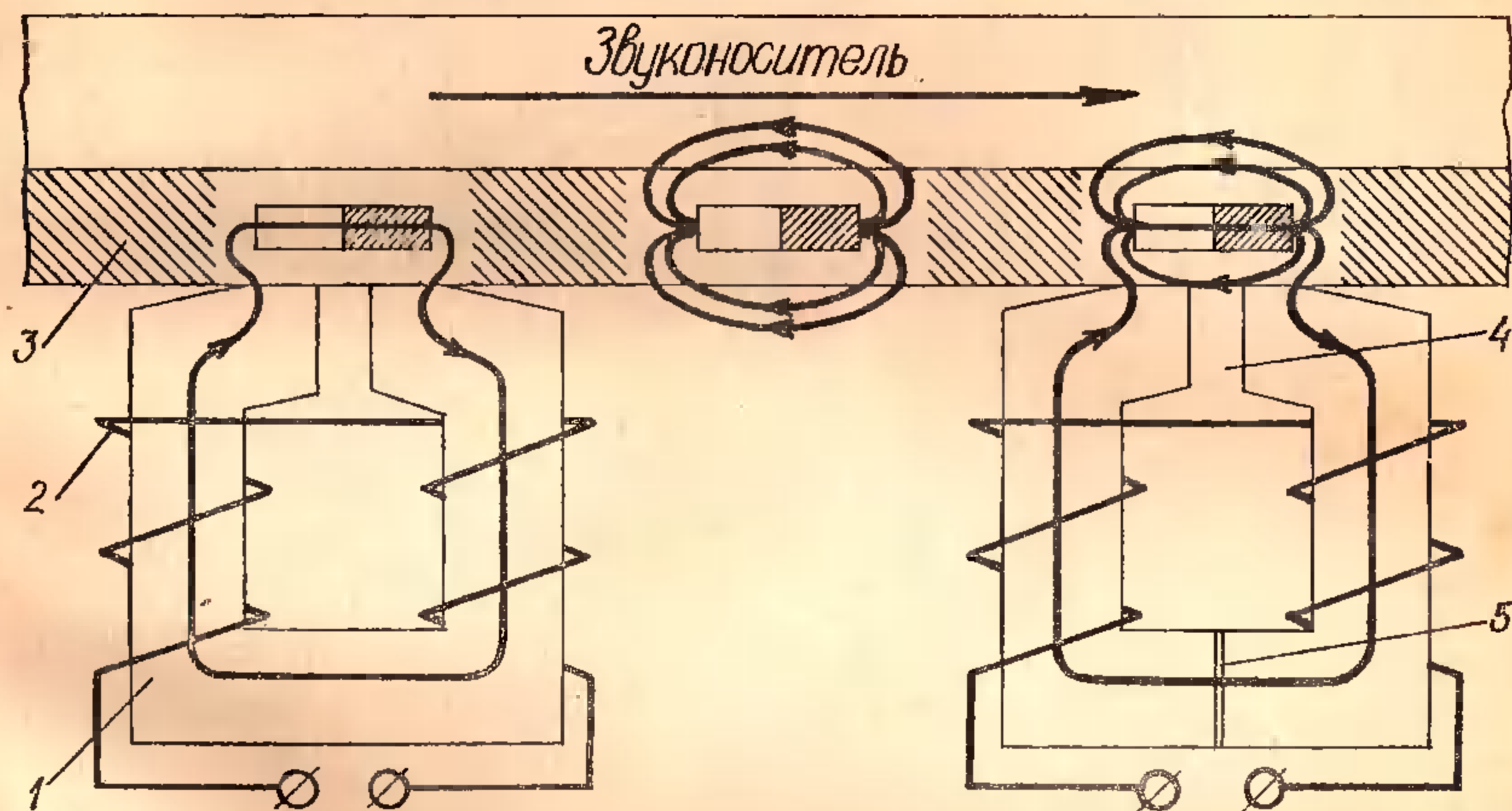


Рис. 2 Устройство магнитной головки.



рок (0,3 мм), что исключает намагничивание магнитопровода. У записывающей и воспроизводящей головок задний зазор отсутствует. Рабочий зазор у стирающей головки обычно 0,1—0,3 мм, а у записывающей и воспроизводящей — несколько микрон. Чем меньше рабочий зазор универсальной головки, тем она лучше воспроизводит более высокие частоты звукового диапазона. Чтобы зазор не засорялся, в него вставляют пластинку из фосфористой бронзы.

Положение магнитной головки относительно сигналоносителя имеет важное значение для качества записи и воспроизведения. Магнитные головки устанавливают на заводе при сборке магнитофона с использованием специальных приборов, поэтому их нельзя самостоятельно перемещать. При установке новой головки ее располагают строго горизонтально (без перекосов), а положение по высоте определяют по наилучшему качеству звучания эталонной записи. Через каждые 50 ч работы магнитные головки очищают от грязи ватным тампоном, смоченным в спирте. Прикасаться к головкам намагниченными инструментами (отвертками, пинцетами и т. п.) не рекомендуется.

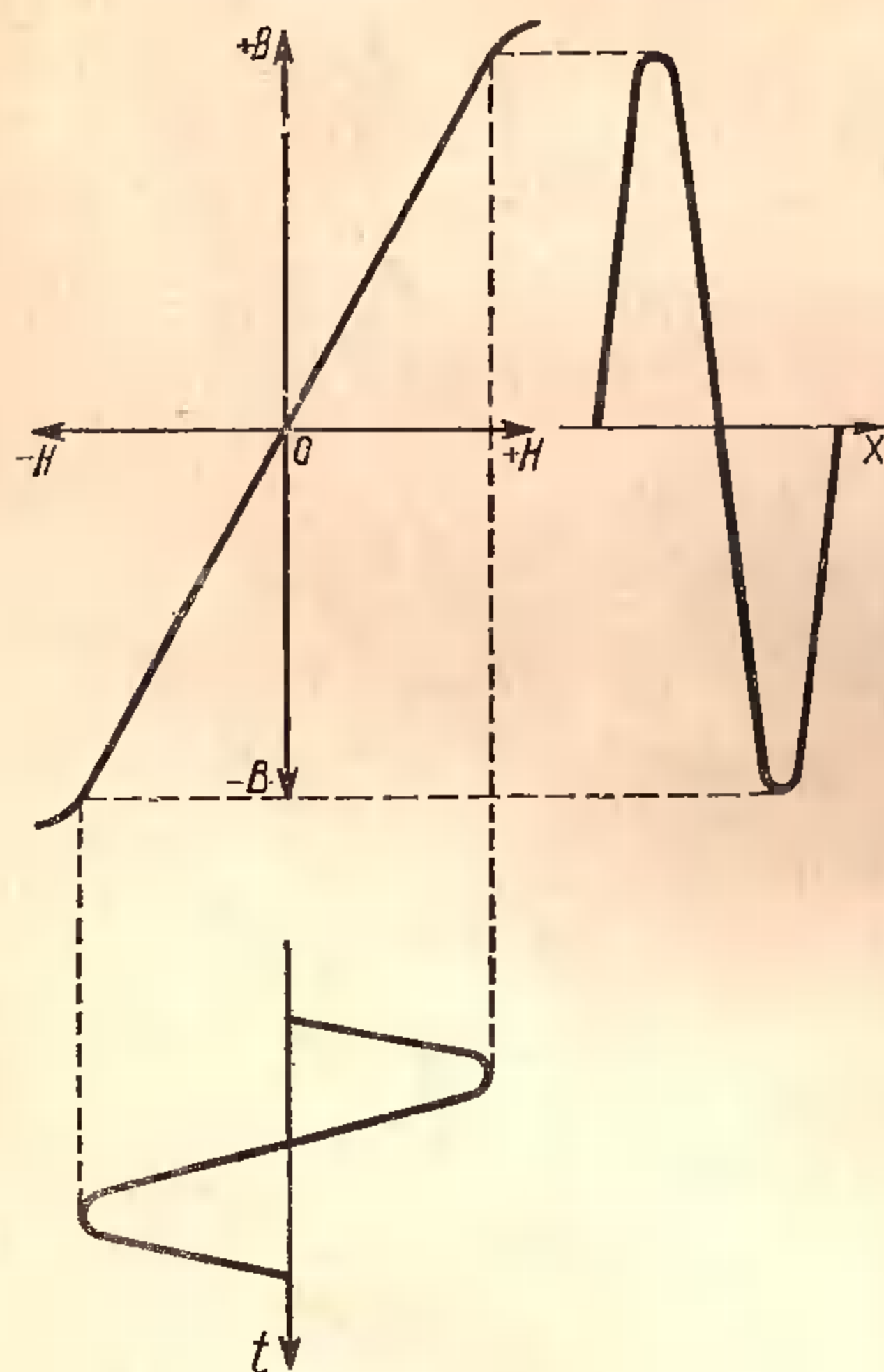


Рис. 3. Запись без искажений.

При выборе режима записи основными требованиями являются минимальные нелинейные искажения и минимальный уровень шумов. Условием минимальных нелинейных искажений является линейная зависимость между остаточной индукцией сигналоносителя « $V$ » и магнитной индукцией поля записывающей головки (рис. 3).

Отдельные участки сигналоносителя намагничиваются по кривой, не имеющей линейной зависимости между « $+V$ » и « $-V$ » (рис. 4).

Линейную зависи-

мость получают только на линейном участке «AB» характеристики (рис. 5). Для выбора рабочей точки «О» через обмотку записывающей головки пропускают постоянный ток, соответствующий магнитной индукции  $B_0$ .

Однако такой способ записи в настоящее время не применяется из-за малой длины линейного участка кривой остаточного намагничивания, ограничивающей динамический диапазон записи, и большой намагниченности носителя записи в паузе, создающей шум при воспроизведении.

Широкое распространение получила запись с высокочастотным подмагничиванием. В этом режиме по обмотке записывающей головки, кроме тока сигнала звуковой частоты, проходит ток высокой частоты. Частота тока подмагничивания обычно равна 60—100 кГц и находится вне полосы пропускания усилителя воспроизведения, а его значение приблизительно в 10 раз больше силы тока сигнала. Магнитное поле, создаваемое этой частотой,

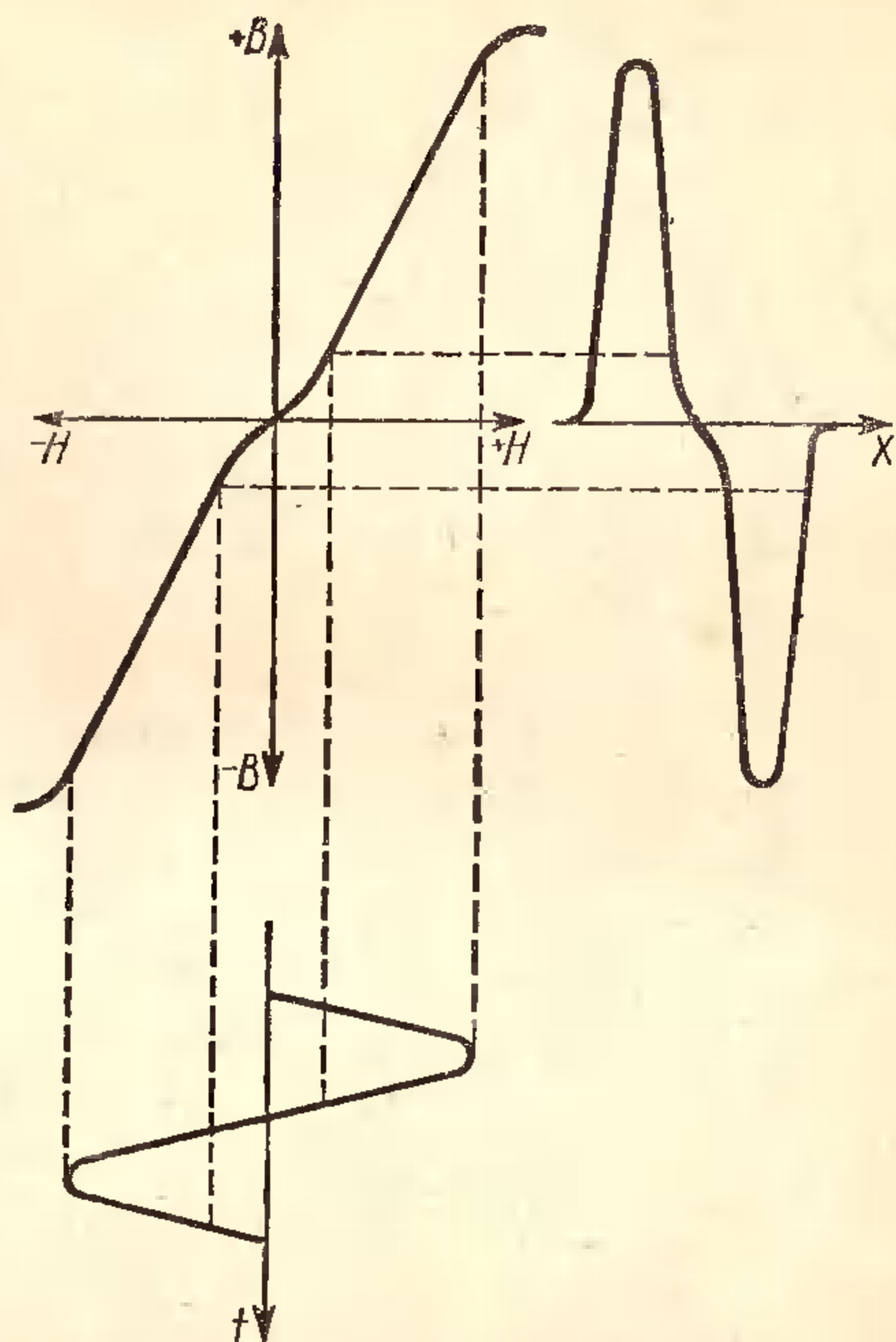


Рис. 4. Запись с искажениями.

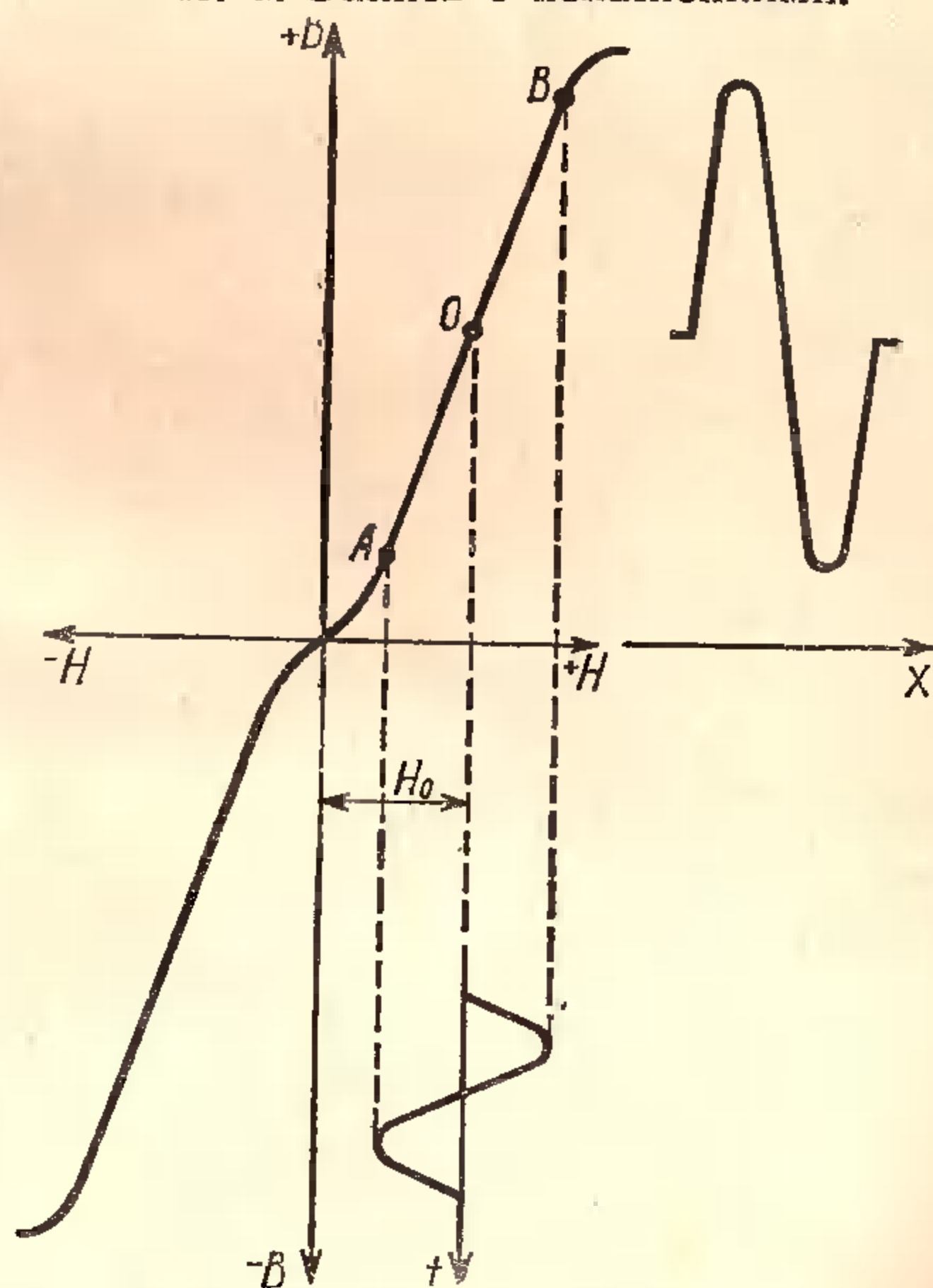


Рис. 5. Запись с подмагничиванием постоянным током.



разрывает связи между элементарными магнитиками звуконосителя, и они намагничиваются током низкой частоты по идеальной кривой намагничивания, что дает минимальные искажения.

При отсутствии сигнала звуконоситель намагничивается и размагничивается по симметричным циклам, и никакой записи не получается. Наличие сигнала вызывает асимметрию формы поля записывающей головки, и звуконоситель намагничивается и размагничивается (за пределами рабочего зазора головки) по несимметричным циклам (рис. 6).

Таким образом, в результате действия несимметричного поля звуконоситель не размагничивается полностью, а сохраняет некоторую остаточную индукцию, пропорциональную значению силы тока сигнала, вызвавшего асимметрию поля записывающей головки. На высоких звуковых частотах происходит более эффективное размагничивание звуконосителя, чем на низких и средних частотах, так как увеличивается количество циклов в убывающем поле за пре-

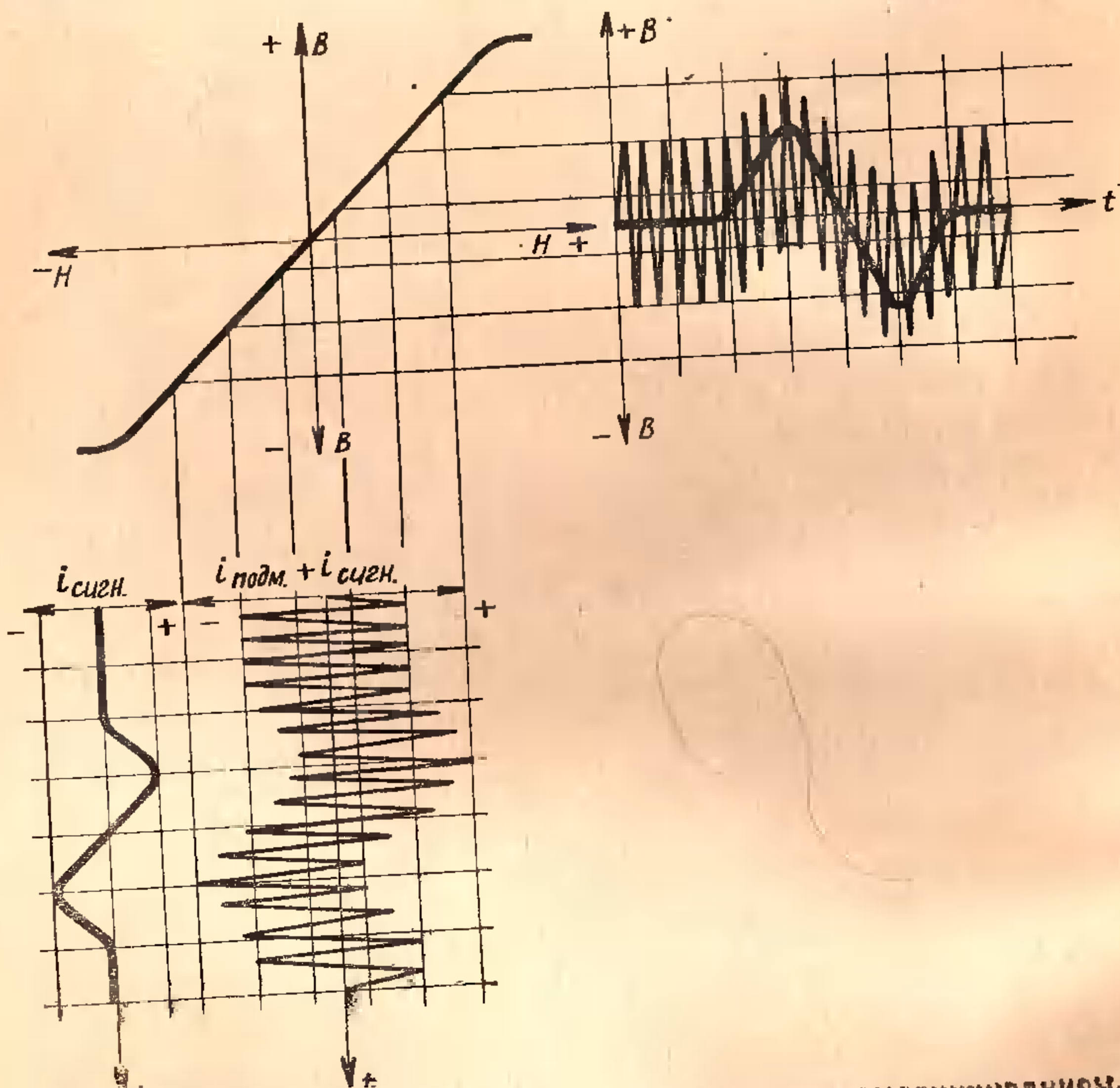


Рис. 6. Магнитная запись с высокочастотным подмагничиванием.



делами зазора. Чем меньше зазор головки и лучше отшлифованы ее грани, тем быстрее убывает магнитное поле, тем меньше размагничивание. Рваные или искривленные края зазоров ухудшают частотную характеристику в области высоких звуковых частот.

Для получения высоких качественных показателей записываемой фонограммы большое значение имеет контроль записи, осуществляемый с помощью *индикатора* уровня. В процессе записи индикатор позволяет определить максимальные уровни записи, подлежащие снижению, и минимальные уровни, которые необходимо повышать с целью получения наилучшего соотношения полезного сигнала и шума.

Самым распространенным видом индикатора является стрелочный прибор. В последнее время более совершенные магнитофоны стали дополнять еще одним индикатором уровня — *пиковым*. Он представляет собой пороговое устройство, в котором в качестве указателя используется светодиод. При превышении входных сигналов определенного уровня срабатывает *триггер*<sup>1</sup>, и свечение светодиода указывает на необходимость уменьшения уровня записи.

В некоторых магнитофонах применяются спектральные индикаторы, которые отображают мгновенный (пиковый) уровень сигнала в любом из двух каналов на нескольких частотах. Например, в некоторых магнитофонах индикаторы используются на пяти частотах (100 Гц и 300 Гц, 1 кГц, 3 кГц и 16 кГц), что позволяет очень точно вести контроль при записи различных музыкальных программ.

В бытовых магнитофонах стандартизованы четыре скорости: 19,05, 9,53, 4,76, 2,38 см/с. Первые три используются для записи речи и музыки, скорость 2,38 см/с — обычно для записи речи. Отклонение скорости движения магнитной ленты от ее номинального значения не должно превышать  $\pm 2\%$  для всех классов магнитофонов. Если скорость движения сигналоносителя в пределах допустимых отклонений, то фонограмма, записанная на одном магнитофоне, будет звучать на любом другом без заметных на слух изменений тональности звучания.

Если возникает необходимость перезаписать музыкальную программу, записанную на одной катушке, необходимо постоянно контролировать показания индикаторов уровня

<sup>1</sup> *Триггер* — электронная схема, имеющая два плеча, которые поочередно могут быть открыты или закрыты. Управляется триггер электрическими импульсами.



записи. Зачастую музыкальные произведения оказываются записанными с различными уровнями. Следя за показаниями индикатора, коррекцию уровня записи нужно производить плавно. Такая регулировка будет почти незаметна для слушателей.

Следует помнить, что каждая перезапись вносит в фонограмму искажения, ухудшающие ее звучание, поэтому для получения качественной записи используют или оригинал, или одну из первых копий записи.

Это же требование относится и к перезаписи грам-пластинок. Если пластинка проигрывалась около двадцати раз, уровень шумов возрастает на 4—6 дБ.

Не следует забывать и о паузах длительностью 4—6 с между записями: человек не всегда способен сосредоточить внимание на первых аккордах следующего записанного музыкального произведения.

К увеличению шумов и ухудшению качества фонограммы при записи приводит также намагничивание магнитной головки и других металлических частей, с которыми соприкасается магнитная лента во время движения. Такие намагниченные детали периодически размагничивают с помощью размагничивающего дросселя, который несложно изготовить самостоятельно. Его собирают на сердечнике незамкнутых пластин Ш25, набор которых составляет по толщине 40 мм, с четырьмя-пятью картонными прокладками толщиной 1 мм. На две секции обмоток по 1000 витков наматывают провод ПЭЛ-0,47 и соединяют последовательно (220 В).

Перед размагничиванием магнитофон отключают от источников питания и убирают магнитную фонограмму. Дроссель включают в электрическую сеть на расстоянии не меньше чем 0,5 м от магнитофона. Затем, делая вращательные движения, постепенно его удаляют, после чего выключают.

При подготовке магнитофона к записи рабочие поверхности головок, ведущий вал и прижимной ролик следует очистить ватным тампоном, смоченным в спирте, от бурого налета продуктов износа магнитной ленты. При монтаже фонограммы ленту режут под углом 45—60°. Длина склейки должна составлять примерно 10 мм. После высыхания клея смонтированную ленту сворачивают в рулон, чтобы не возникло коробление места склейки. Ленту можно склеивать вручную, но лучше использовать для этого специальное приспособление — металлическую пластинку с выфрезерованным пазом шириной 6,2 мм и глубиной



1 мм. Посередине пластинки делают под углом  $45^\circ$  узкий пропил для разрезания ленты.

Структурное построение магнитофона показано на схеме, которая представлена на рис. 7. Входной сигнал (электрические колебания от микрофона) поступает на усилитель записи 1, где достигает значения, при котором создается ток записи. Этот электрический ток в головке записи 5 наводит магнитное поле, намагничивающее сигналоноситель 3 (магнитную ленту) и образующее фонограмму.

При воспроизведении магнитной записи сигналоноситель движется относительно головки воспроизведения 4. В области его контакта с головкой создается переменное магнитное поле, которое непрерывно изменяется с изменением тока сигнала. Силовые линии обычно замыкаются по наименьшему магнитному сопротивлению, поэтому основная часть магнитного потока замкнется через сердечник головки воспроизведения (рис. 8), на выходе которой возникают слабые электрические сигналы. В идеальном случае ЭДС этих сигналов будет прямо пропорциональна индукции на сигналоносителе.

Сигналы усиливаются в усилителе воспроизведения (см. рис. 7, 2) до значения, необходимого для работы выходного устройства. Однако в реальных условиях даже иде-

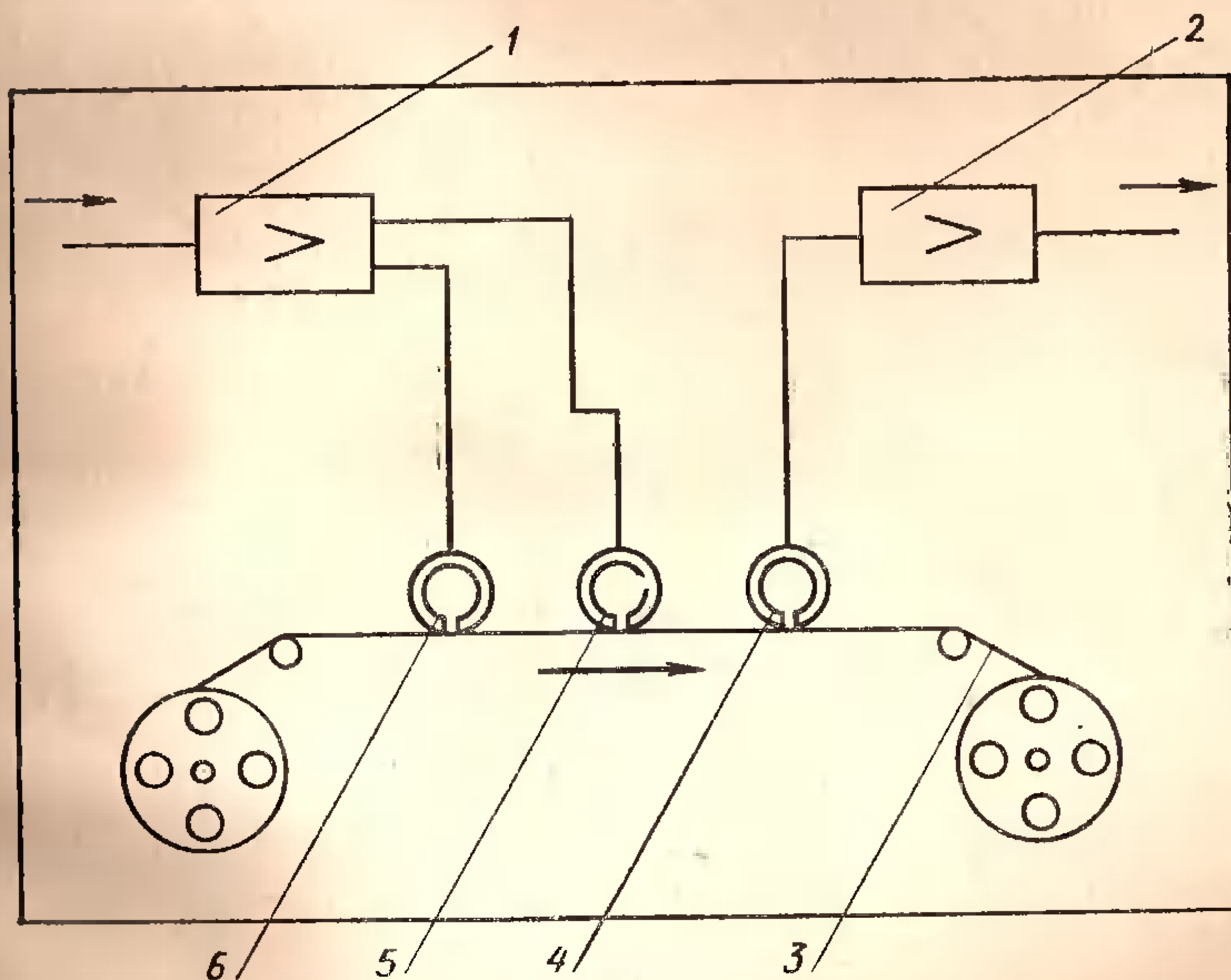


Рис. 7. Структурная схема системы магнитной записи и воспроизведения.



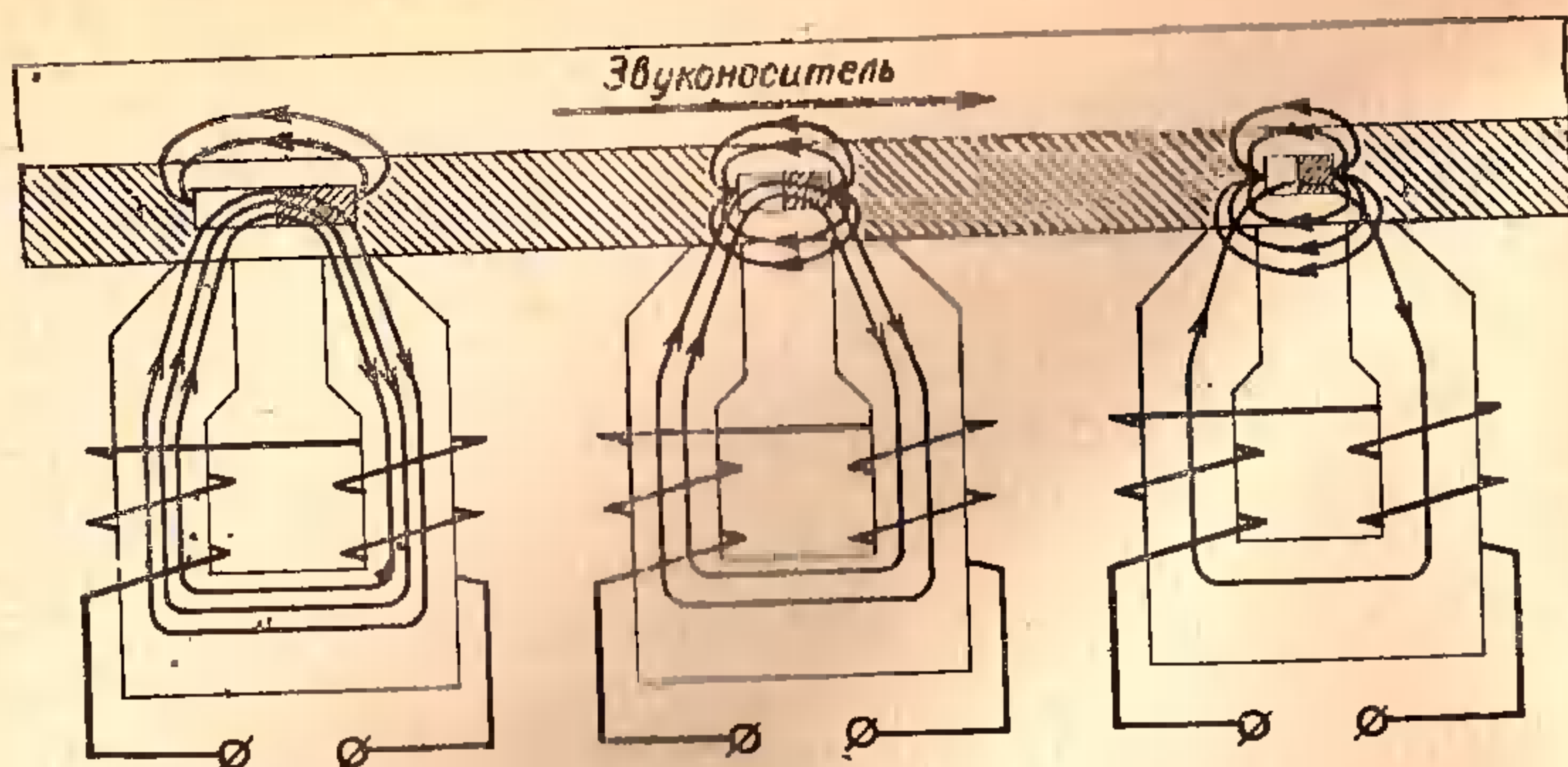


Рис. 8. Схематическое изображение магнитных силовых линий при воспроизведении магнитной записи.

альная фонограмма не может обеспечить линейные зависимости ЭДС головки, так как имеется много причин, обуславливающих спад ее частотной характеристики на высоких звуковых частотах. Одной из основных причин этого спада является соизмеримость ширины зазора головки с длиной волны записываемого сигнала.

Для получения хорошей отдачи на высоких звуковых частотах следует уменьшить зазор воспроизводящей головки, однако очень узкий зазор имеет малое магнитное сопротивление и поэтому снижает напряжение на выводах головки на низких и средних частотах. Длина волны сигнала зависит от скорости движения звуконосителя: чем больше скорость, тем выше качество записи и воспроизведения.

На высоких звуковых частотах возможен спад напряжения из-за неправильной установки головки (перекос) относительно ленты.

Недостатком магнитных головок является их короткий срок службы. Сейчас налажено производство магнитных головок с ферритовыми и альсиферовыми сердечниками, у которых стойкость к износу примерно в 100 раз выше, чем у головок, сердечник которых выполнен из пермаллоя. Такие головки имеют минимальную ширину рабочего зазора и минимальные потери на перемагничивание.

Для повторного использования сигналоносителя с ранее записанной фонограммой его размагничивают (стирают предыдущую фонограмму). Стирание производится внешним магнитным полем при постоянном или переменном напряжении, подаваемом в обмотку стирающей головки.



Рассмотрим, как происходит стирание магнитной записи. Если по обмотке стирающей головки проходит постоянный ток, звуконоситель намагничивается до насыщения. Выходя из поля головки, все элементы звуконосителя будут иметь одинаковую остаточную магнитную индукцию, независимо от исходной. Но в связи с неоднородностью звуконосителя возникает разброс значений, и в паузах (когда сигнала нет) при воспроизведении будут прослушиваться шумы. Поэтому такой способ не находит применения.

При стирании магнитной записи в случае переменного тока на фонограмму сигналоносителя воздействует переменное магнитное поле стирающей головки. Любой элемент звуконосителя, попав в такое возрастающее поле, будет в самом зазоре намагничиваться до состояния насыщения, а при выходе из зазора головки стирания (рис. 7, 6) звуконоситель начнет размагничиваться по симметричным петлям гистерезиса до тех пор, пока намагниченность не исчезнет полностью. Частота тока стирания 40—65 кГц.

Для проверки качества стирания сигнал записывают на линейном входе с максимальным уровнем, а затем, перемотав ленту, стирают половину записанной фонограммы (в режиме записи без входного сигнала).

При воспроизведении сравнивают стертый и записанный участки по показаниям лампового вольтметра на линейном выходе. Соотношение должно быть около  $-60$  дБ<sup>1</sup> (1000 раз).

Магнитофоны обычно характеризуются значением *относительного уровня помех*, то есть отношением напряжения помех на выходе магнитофона к напряжению полезного сигнала, воспроизводимого с максимально допустимым уровнем. Это отношение выражается в децибеллах. Например, если напряжение помех в 175 раз меньше, чем напряжение полезного сигнала, то уровень помех составляет 45 дБ, что соответствует магнитофону первого класса. В магнитофоне четвертого класса уровень помех 37 дБ.

Следует заметить, что у хорошо отлаженного магнитофона относительный уровень стирания (качество стирания) должен быть не меньше чем 60 дБ. При таком качестве стирания старая запись не прослушивается.

Уровень помех можно определить без прибора, прослушивая «наузу» (ленту со стертой записью). При этом

<sup>1</sup> Децибелл (дБ) — относительная логарифмическая единица, используемая для оценки уровней электрических сигналов.



регуляторы громкости и тембра устанавливают в среднее положение. При качественной работе магнитофона шумы не должны прослушиваться на расстоянии одного метра от аппарата.

Теперь поговорим о *микрофонной технике*. В микрофоне энергия звуковой волны преобразуется в электрическую. Приборы, преобразующие электрические сигналы в механические или механические в электрические, называются *электромеханическими преобразователями*.

Из многих электромеханических преобразователей наиболее широко применяются *электродинамические, электростатические и пьезоэлектрические преобразователи*.

Преобразователи сигналов — головка звукоснимателя или головка прямого излучения микрофона не являются идеальными, и параметры входного сигнала изменяются в микрофоне в результате разного рода искажений.

Существует много физических принципов создания сигнала с помощью микрофона, являющегося электрическим аналогом колебаний звуковой частоты. Однако независимо от принципа действия во всех микрофонах имеется один общий элемент — *диафрагма*. Она может представлять собой пластину, мембрану или ленточку, выполненную из диэлектрика, металла или материала, обладающего пьезоэлектрическими свойствами<sup>1</sup>. Звуковые волны приводят диафрагму в колебательное движение. Силы упругости, возникающие при сжатии воздуха перед микрофоном, заставляют диафрагму прогнуться внутрь корпуса. При разрежении диафрагма выгибается наружу. Таким образом она совершает колебания в такт звуковым колебаниям.

В электродинамическом преобразователе (рис. 9), например, постоянный магнит 4 создает магнитное поле в кольцевом зазоре, где находится катушка 3. Каркас катушки жестко скреплен с диафрагмой (мембраной 2). Когда переменный ток проходит через катушку, мембрана совершает колебания, определяемые частотой и формой возбуждающего сигнала, которые передаются в окружающую среду.

Рассматриваемый преобразователь является обратимым, поэтому его можно использовать и для преобразования механических колебаний в электрические, т. е. как микрофон. В этом случае звуковые колебания смещают мембрану. Она приводит в движение катушку, в которой

<sup>1</sup> При деформации пьезокерамических кристаллов (кварц) на их противоположных поверхностях возникает разность потенциалов.



индуцируется ЭДС, совпадающая со звуковыми колебаниями.

Технические возможности любого микрофона определяются его основными параметрами: чувствительностью, характеристикой направленности, амплитудно-частотной характеристикой и уровнем собственных шумов.

Чувствительностью называется отношение напряжения на выходе микрофона к звуковому давлению в свободном звуковом поле. Существует еще и осевая чувствительность, т. е. чувствительность микрофона к чистому тону, воздействующему по его оси симметрии. Как правило, чувствительность приводится в мВ/Па при определенном сопротивлении нагрузки.

Характеристика направленности — это отношение чувствительности при падении звуковой волны под углом относительно акустической оси микрофона и его осевой чувствительности.

Обычно характеристики направленности вычерчивают в полярных координатах. Такой график называют диаграммой направленности.

Амплитудно-частотная характеристика показывает зависимость осевой чувствительности от частоты сигнала.

Уровень собственного шума определяется значением шумового напряжения на выходных зажимах микрофона, обусловленного как флюктуационными давлениями воздуха<sup>1</sup>, так и тепловым шумом сопротивлений в электрической схеме микрофона (даже в отсутствии какого-либо акустического сигнала). В микрофонах-приемниках давления — давление звукового поля действует только на одну сторону диафрагмы, другая конструктивно защищена от этого воздействия, а в микрофонах-приемниках градиента давления — разность давлений поля эффективно

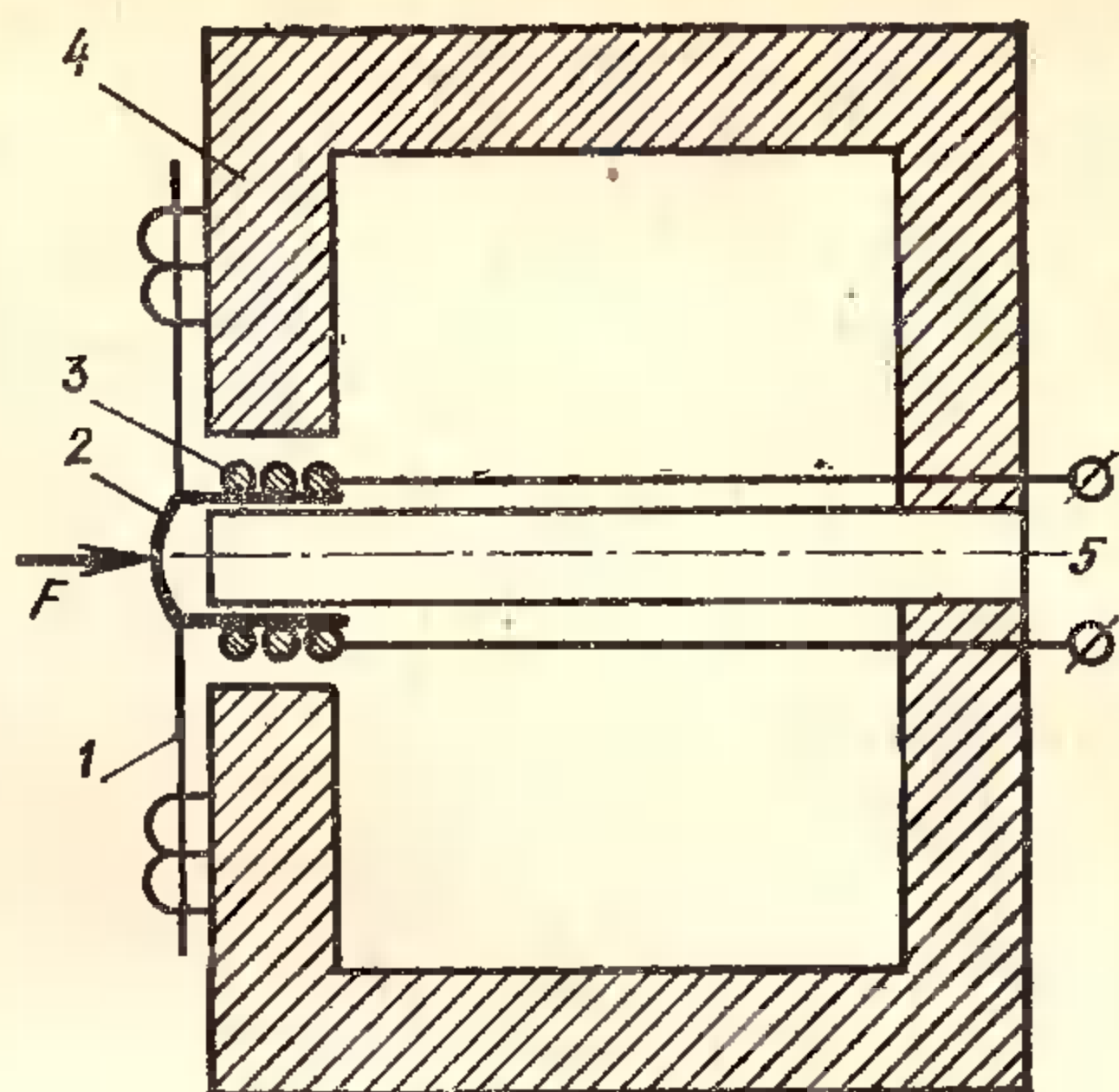


Рис. 9. Схема электродинамического преобразователя.

<sup>1</sup> Флюктуационное давление воздуха обусловлено явлением флюктуации — непрерывное и беспорядочное движение частиц вещества (броуновское движение).



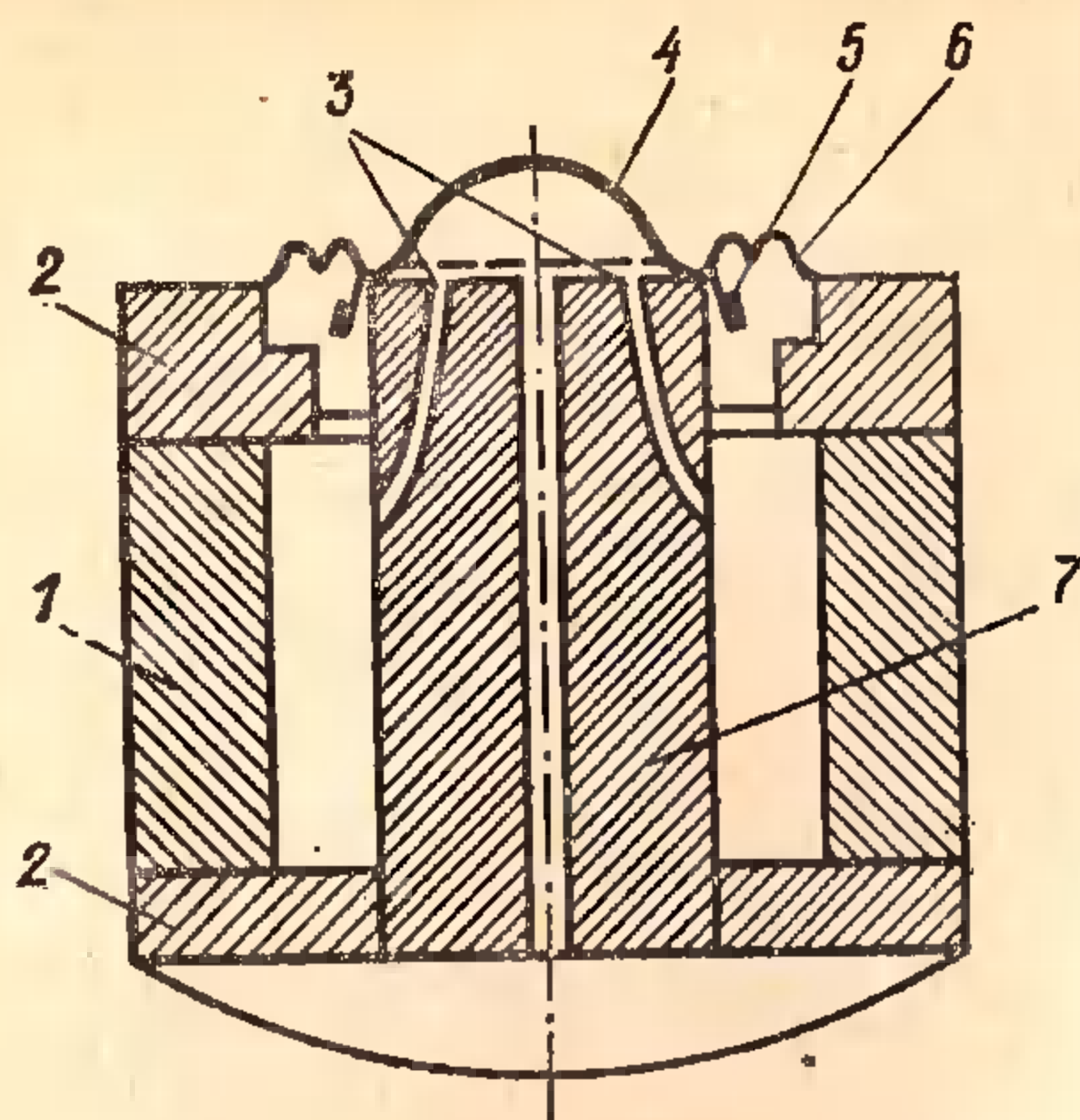


Рис. 10. Устройство микрофона МД-38.

воздействует на обе стороны диафрагмы под углом, близким к  $90^\circ$ .

В качестве примера на рис. 10 показано устройство микрофона-приемника давления. Он состоит из постоянного магнита цилиндрической формы 1, нижнего и верхнего фланцев 2, керна 7, куполообразной диафрагмы 4, гофрированного воротника 6 и звуковой катушки 5, которая имеет небольшое количество витков. Частотно-независимая чувствительность обеспечивается дополнительными каналами 3.

Микрофонами-приемниками градиента давления — являются ленточные микрофоны (рис. 11). В зазоре между полюсными наконечниками 2 постоянного магнита 3 подвешена лента из алюминиевой фольги 1. Частота собственных колебаний ленты 15—20 Гц. Такие микрофоны имеют чувствительность 1—2 мВ/Па и обеспечивают передачу широкого диапазона частот.

В отличие от ленточного конденсаторный микрофон представляет собой электростатическую систему, у которой капсуль является плоским конденсатором. В за-

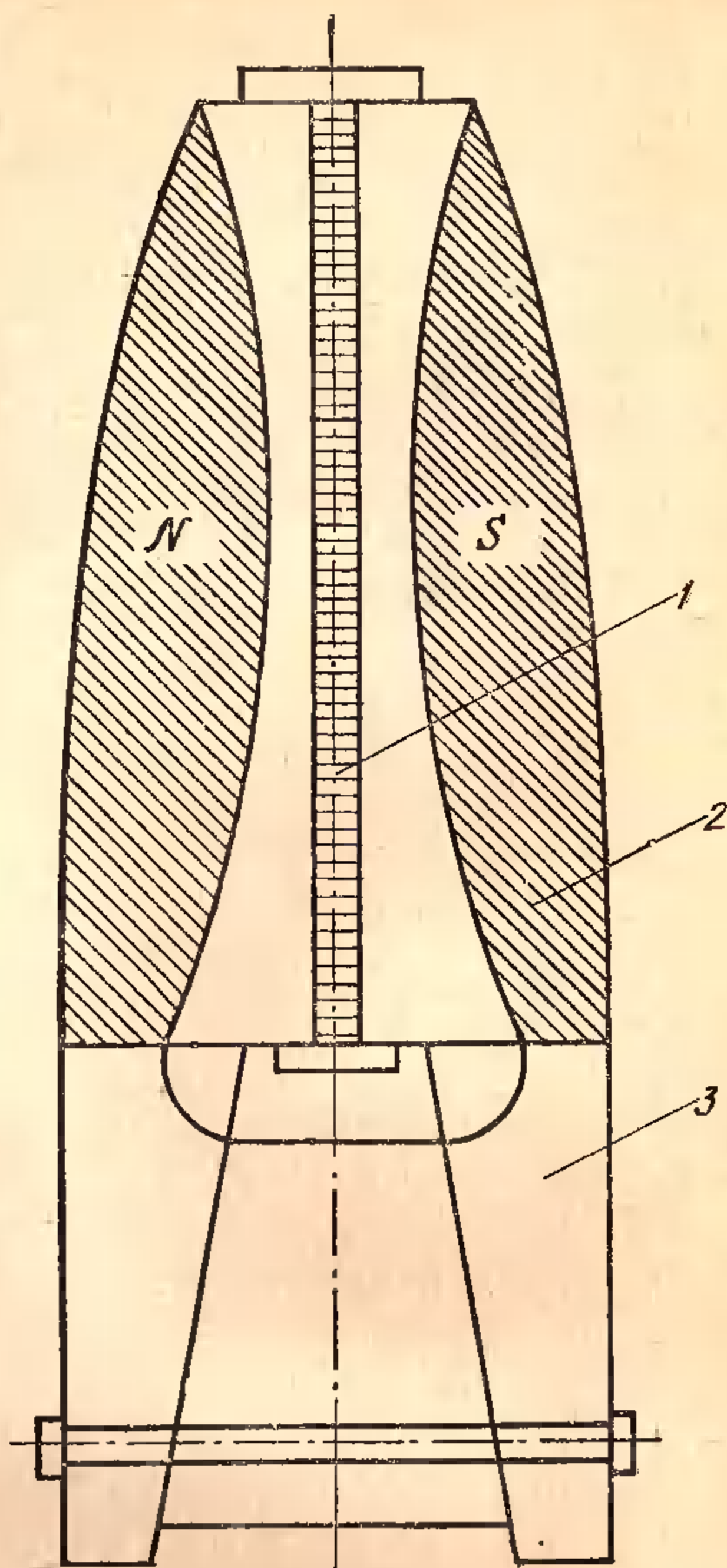


Рис. 11. Устройство ленточного микрофона.



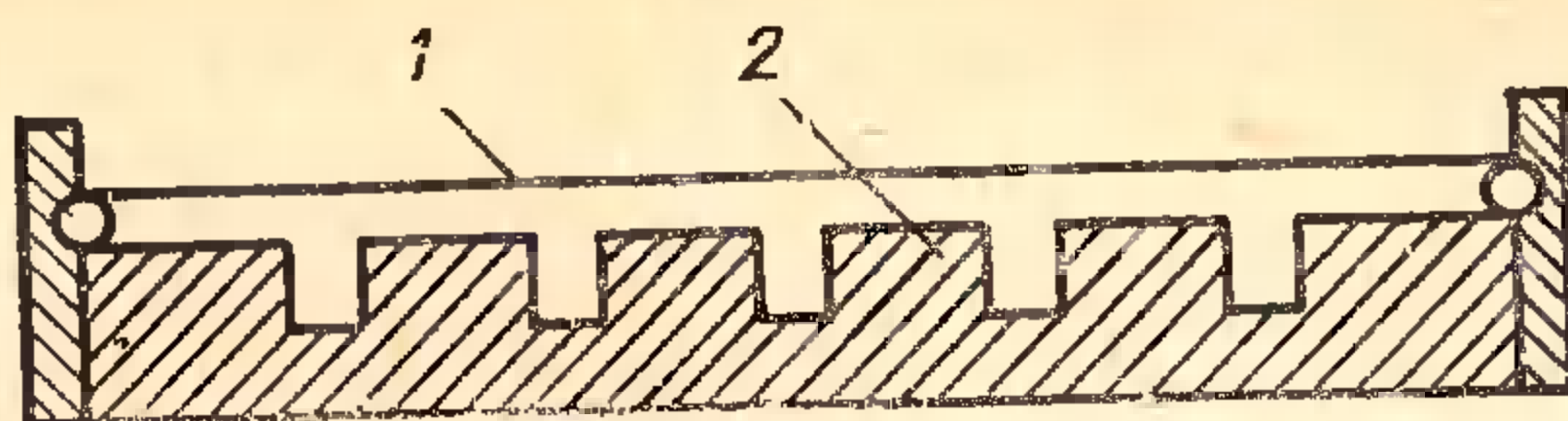


Рис. 12. Устройство конденсаторного микрофона.

висимости от конструкции механико-акустической системы конденсаторные микрофоны могут быть как приемниками давления, так и приемниками градиента давления. На рис. 12 показано устройство капсюля конденсаторного микрофона — приемника давления. Мембрана 1 в виде тонкой высокополимерной пленки, покрытой слоем электропроводящего материала, натянута и закреплена на краю корпуса. Расстояние между мембраной и массивным электродом 2 составляет 20—30 мкм. Чувствительность конденсаторного микрофона уменьшается с понижением частоты. Чтобы избежать этого, в одном корпусе с ним обычно собирают предусилитель, имеющий входное сопротивление  $R = 50$  мОм, так как емкость капсюля микрофона  $C_0 = 100$  пФ.

Технические данные микрофонов, выпускаемых нашей промышленностью, приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Тип микрофона	Вид конструкции	Диапазон частот, Гц	Неравномерности частотной характеристики чувствительности, дБ	Уровень осевой чувствительности, дБ	Характеристика направленности
Электродинамические					
МД-38	Катушечный	50-15000	8	—78	НН
МД-45	„	50-15000	12	—78	ОН
МД-57	„	50-13000	10	—78	НН
МЛ-16	Ленточный	50-15000	10	—78	ДН
Электростатические					
МК-3	Конденсаторный	40-15000	6	—66	ОН
МК-5А	„	20-20000	4	—73	НН
19А-3	„	40-12000	5	—55	ОН
19А-9	„	40-15000	10	—66	ОН

НН — ненаправленная (круговая диаграмма направленности);  
ОН — однонаправленная (кардиоидная диаграмма направленности);  
ДН — двунаправленная (диаграмма направленности — восьмерка).



Ленточные микрофоны настолько чувствительны, что ими нельзя пользоваться на открытом воздухе.

При записи звука микрофоны располагают на некотором расстоянии от источника звука. Хранят микрофоны в мягкой противоударной упаковке, защищающей их от пыли и влаги.

Подключать микрофон к магнитофону или усилителю рекомендуется только с помощью стандартного разъема или двухпроводного экранированного кабеля, в котором оба внутренних провода являются сигнальными. Корпус микрофона подключают к бронированной оплетке кабеля. Со стороны усилителя или магнитофона оплетку через корпус штекера соединяют с металлическим шасси, а оба экранированных сигнальных провода подводят ко входному элементу схемы. Если это предусмотрено, один из сигнальных концов можно соединить с корпусом у входного элемента схемы.

Когда микрофон подключают ко входу магнитофона или усилителя с гнездами другого типа, используют переходной штекер.

Окончательный выбор микрофона зависит от характера его применения. Ни один микрофон не выполняет все свои функции одинаково хорошо. Для разных целей используют различные типы микрофонов.

## КЛАССИФИКАЦИЯ МАГНИТОФОНОВ

В зависимости от назначения магнитофоны подразделяются на *студийные, бытовые, репортерские, диктофоны и специальные.*

**Студийные магнитофоны** предназначены для профессиональной звукозаписи и используются в аппаратных радио- и телестудий, в студиях грамзаписи. Основное требование, предъявляемое к студийным магнитофонам,— высокое качество записи и воспроизведения звука. Для этого в студийных магнитофонах обеспечивается сравнительно высокая скорость перемещения магнитной ленты и применяется специальная система ее стабилизации. Так, в магнитофоне МЭЗ-102 скорость перемещения магнитной ленты составляет 38,1 см/с и 19,05 см/с. В этом магнитофоне используется обычная магнитная лента шириной 6,25 мм. Существуют также и многодорожечные студийные магнитофоны, в которых запись производится одновременно на 24 дорожки ленты шириной 50,8 мм. В таких магнитофонах



на каждую дорожку отдельно записываются сигналы разных групп инструментов или солистов, для чего в процессе записи они акустически изолируются. Затем звуко-режиссер объединяет сигналы, воспроизводимые со всех дорожек, в общую фонограмму на ленте шириной 6,25 мм, имея возможность при объединении производить обработку сигналов каждой группы инструментов в отдельности, подбирать наилучшее соотношение уровней сигналов.

**Бытовые магнитофоны** содержат те же элементы, что и студийные, но имеют упрощенную конструкцию. Примерно половина из них являются переносными. По роду применения магнитной ленты они подразделяются на катушечные и кассетные. В катушечных магнитофонах используют магнитную ленту шириной 6,25 мм, в кассетных — шириной 3,81 мм. Бытовые магнитофоны бывают двух- и четырехдорожечные, монофонические и стереофонические. Как катушечные, так и кассетные магнитофоны выпускаются четырех классов качества. Катушечные магнитофоны имеют скорости движения пленки от 2,38 до 19,05 см/с, кассетные — 4,76 и 2,38 см/с. Для повышения качества записи в бытовых магнитофонах применяют устройства шумоподавления.

**Репортерские магнитофоны** используются для внестудийной записи актуальных программ. Основные требования, предъявляемые к ним, — компактность, малая масса, надежность и универсальное питание. Они имеют скорость записи 9,53 см/с и обычно бывают одноканальными. Репортерские магнитофоны не предназначены для прослушивания программ, поэтому у них воспроизведение осуществляется только на головные телефоны.

**Диктофоны** применяются для записи речи с целью последующей перезаписи на пишущей машинке или от руки. Диктофоны позволяют многократно останавливать ленту и возвращать ее в первоначальное положение (так называемый откат), имеют дистанционное управление от ножной педали или с пульта. В них используют магнитную ленту шириной 6,25 или 3,81 мм, а также магнитные диски диаметром 155 мм.

**Специальные магнитофоны** предназначены для выдачи справок и реклам, для записи диспетчерских переговоров, а также используются в качестве автоответчиков. В магнитофонах этого типа применяются различные типы звуконосителей: лента, склеенная в кольцо, барабаны с покрытием из магнитной резины и др. При приобретении магнитофона для школьной студии звукозаписи или в лич-



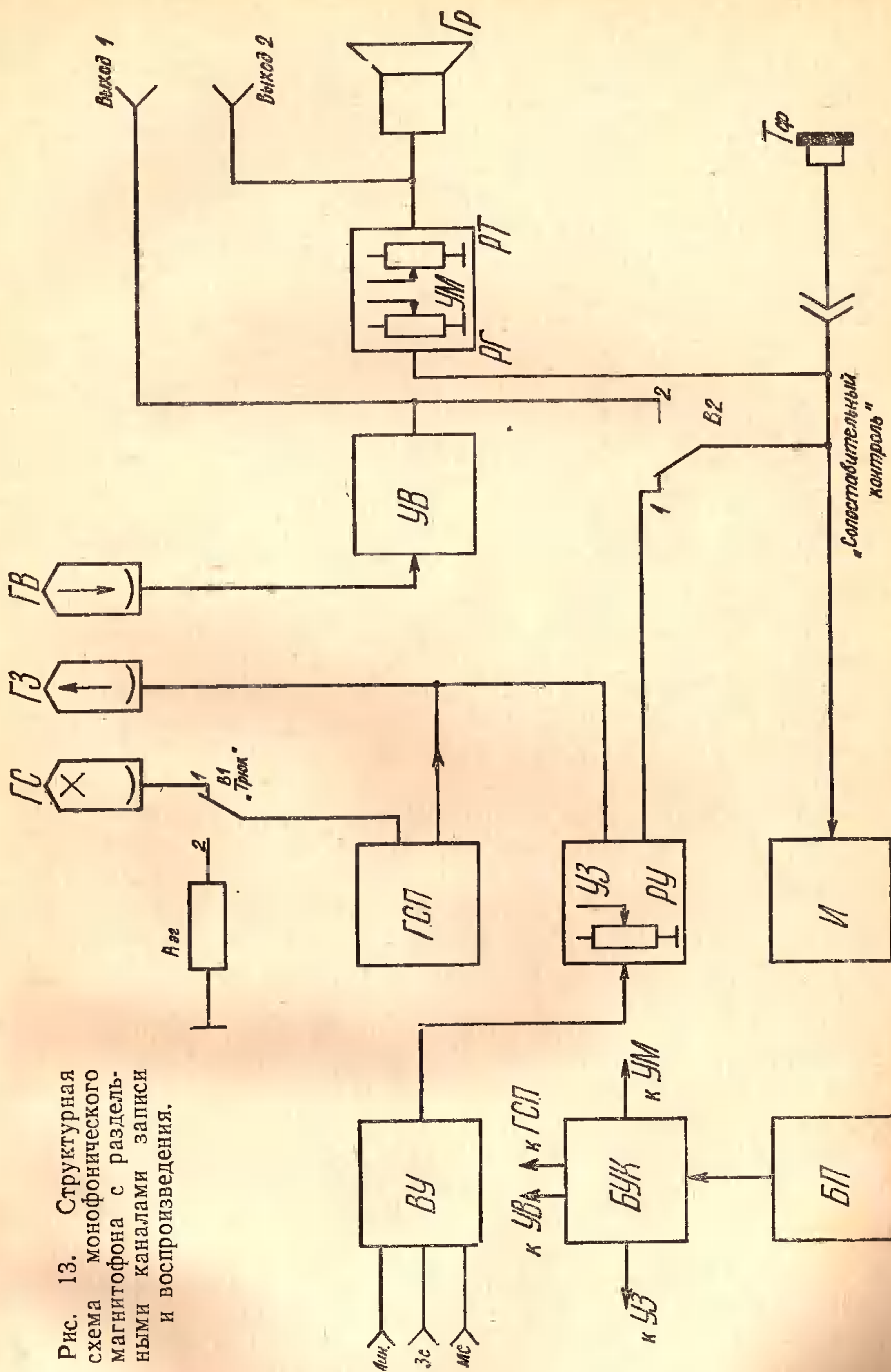
ное пользование учитывают область применения (запись на месте события или стационарно, перезапись фонограмм или воспроизведение их в дороге, выдача справок или озвучение помещения), стоимость магнитофона, магнитной ленты или кассет, качественные показатели.

## СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МОНО- И СТЕРЕОМАГНИТОФОНОВ

Рассмотрим основные функциональные части электрической схемы магнитофона для монофонического звуковоспроизведения (рис. 13). К ним относятся усилитель записи УЗ, усилитель воспроизведения УВ, генератор для стирания и подмагничивания (ГСП), записывающая головка ГЗ, воспроизводящая головка ГВ, стирающая головка ГС, индикатор уровня записи И, блок питания БП, блок управления и коммутации, обеспечивающий взаимодействие элементов схемы.

Кроме того, электрическая схема магнитофона включает входное устройство ВУ для подачи сигналов от разных источников напряжения записываемого сигнала звуковой частоты на усилитель записи, оконечный усилитель мощности УМ, состоящий из регулятора тембра РТ, громкости РГ и внутренних динамических громкоговорителей. Записываемый сигнал от микрофона МК, звукоснимателя ЗС или радиотрансляционной линии ЛИИ поступает на входное устройство ВУ, в котором напряжение от разных источников сигнала приводится к одному уровню (обычно к уровню сигнала от микрофона). Затем сигнал подается на усилитель записи УЗ, имеющий регулятор уровня записи РУ. К выходу усилителя записи подключена записывающая головка ГЗ. Одновременно с записываемым сигналом в головку записи подается напряжение высокой частоты от ГСП, обеспечивающее качественную запись. (ГСП питает также стирающую головку ГС.) Записанный на ленте сигнал при ее движении вызывает в воспроизводящей головке ЭДС, которая поступает на усилитель воспроизведения УВ. С «Выхода 1» усилителя воспроизведения сигнал может подаваться во внешние цепи (например, для перезаписи на вход другого магнитофона), а также через переключатель В2 (в положении 2) на усилитель мощности УМ, нагруженный на громкоговоритель ГР. В усилителе мощности имеется регулятор громкости РГ и тембра РТ. К «Выходу 2» усилителя мощности может быть подключена внеш-

Рис. 13. Структурная схема монофонического магнитофона с разделенными каналами записи и воспроизведения.





ная акустическая система. При этом внутренний громкоговоритель отключается.

Раздельные усилители для записи и воспроизведения образуют так называемый «сквозной канал», что дает возможность осуществлять одновременно слуховой и визуальный контроль качества записи. Для визуального контроля используют индикатор уровня И. Слуховой контроль производится методом сопоставления звучания оригинала и воспроизводимой фонограммы. Это позволяет своевременно заметить и быстро устранить недостатки, возникающие в процессе записи. Для этого усилитель мощности и громкоговоритель с помощью переключателя  $B2$  («Сопоставительный контроль») подключают либо к выходу усилителя воспроизведения (переключатель  $B2$  в положении 2), либо к промежуточному выходу усилителя записи (переключатель  $B2$  в положении 1). В тех случаях, когда микрофон расположен вблизи магнитофона, что может привести к самовозбуждению (свист в громкоговорителе), слуховой контроль производится с помощью головных телефонов ТФ.

Для выполнения комбинированной записи путем наложения новой записи на старую переключатель  $B1$  («Трюк») ставят в положение 1, отключая тем самым стирающую головку ГС и одновременно подключая к генератору ГРЧ ее эквивалент  $R_{эг}$ . Старая запись при этом частично будет ослаблена.

Магнитофонами со «сквозным каналом» являются, например, «Тембр», «Ростов-101», «Илеть-101».

Большинство бытовых магнитофонов, рассчитанных на многодорожечную монофоническую запись, выполняются по структурной схеме, приведенной на рис. 14. Здесь для записи и воспроизведения используется один универсальный усилитель.

Записывающий сигнал от микрофона, звукописателя или радиотрансляционной линии через входное устройство ВУ, контакты переключателя режима работы  $B1_a$ , поступает на вход универсального усилителя УУ. В большинстве бытовых магнитофонов универсальный усилитель состоит из каскадов предварительного усиления с частотной коррекцией и усилителя мощности. Цепи частотной коррекции в режимах записи и воспроизведения различны, поэтому они коммутируются переключателем  $B1_b$ . В предварительном усилителе имеется регулятор уровня записи РУ, который при воспроизведении отключается переключателем  $B1_b$ . Записываемый сигнал с выхода универсального усилителя



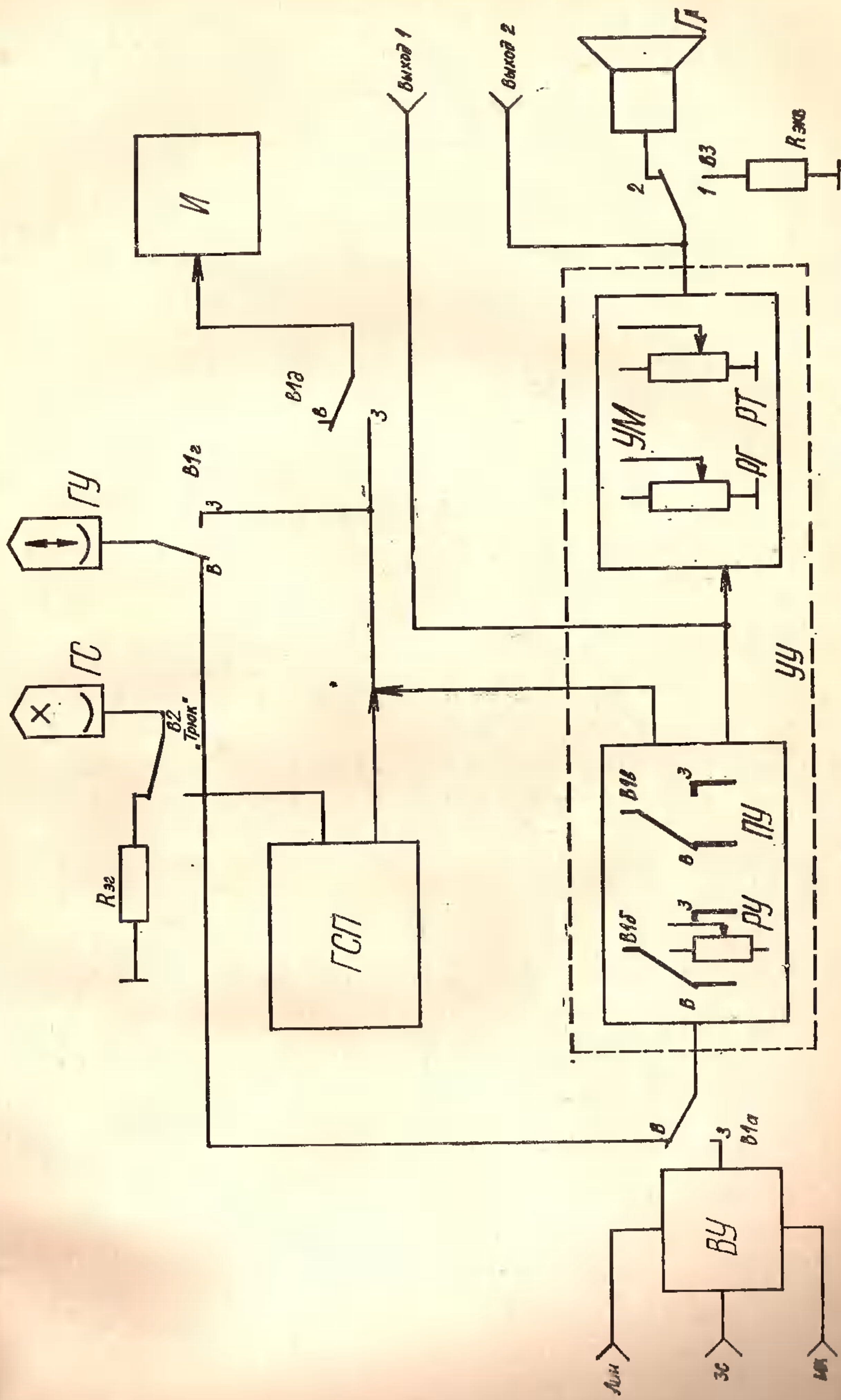


Рис. 14. Структурная схема монофонического магнитофона с универсальным усилителем.



поступает через переключатель  $B1_2$  на универсальную головку ГУ и через переключатель  $B1_3$  на индикатор уровня записи И. Одновременно при записи включается питание генератора высокой частоты для стирания старой записи и подмагничивания универсальной головки. Переключатель  $B2$  («Трюк») позволяет осуществить наложение новой записи на ранее записанную.

При записи со звукозаписывающей или радиотрансляционной линии контроль можно вести через громкоговоритель, подключаемый через переключатель  $B3$ . При записи с микрофона вместо громкоговорителя подключается эквивалентный резистор  $R_{\text{экв}}$ . Слуховой контроль в том случае можно осуществлять через головные телефоны. (На рисунке переключатели показаны в режиме воспроизведения.) В этом случае универсальная головка подключается через переключатель  $B1_a$  по входу универсального усилителя, а к его выходу через переключатель  $B3$  подключается громкоговоритель. Индикатор уровня записи отключается. С «Выхода 1» («Линейный выход») воспроизводимый сигнал можно подать, например, на внешний усилитель низкой частоты или на другой магнитофон для перезаписи.

В последнее время получили распространение магнитофонные приставки, не имеющие усилителя мощности и громкоговорителя. Структурная схема такой приставки приведена на рис. 15. В такой схеме универсальный усилитель оканчивается линейным выходом («Выход 1»). В качестве усилителя мощности используют электрофон, радиолу, радиоприемник, телевизор или усилитель звуковой частоты с акустическими системами. Примером может служить магнитофонная приставка типа «Нота».

Наибольшее распространение получили двухканальные стереофонические магнитофоны. В таких магнитофонах вместо одиночных магнитных головок применяют блоки головок, содержащие по две головки, каждая из которых подключается к своему каналу. На рис. 16 приведена структурная схема двухканального стереофонического магнитофона с универсальными усилителями в каждом канале.

Усилители обоих каналов практически не отличаются от соответствующих усилителей монофонического магнитофона. Генератор высокой частоты — общий для обоих каналов. Напряжение питания на него подается только в режиме записи.

Регуляторы уровня записи — отдельные на оба канала, а регуляторы воспроизведения могут быть сведенными.







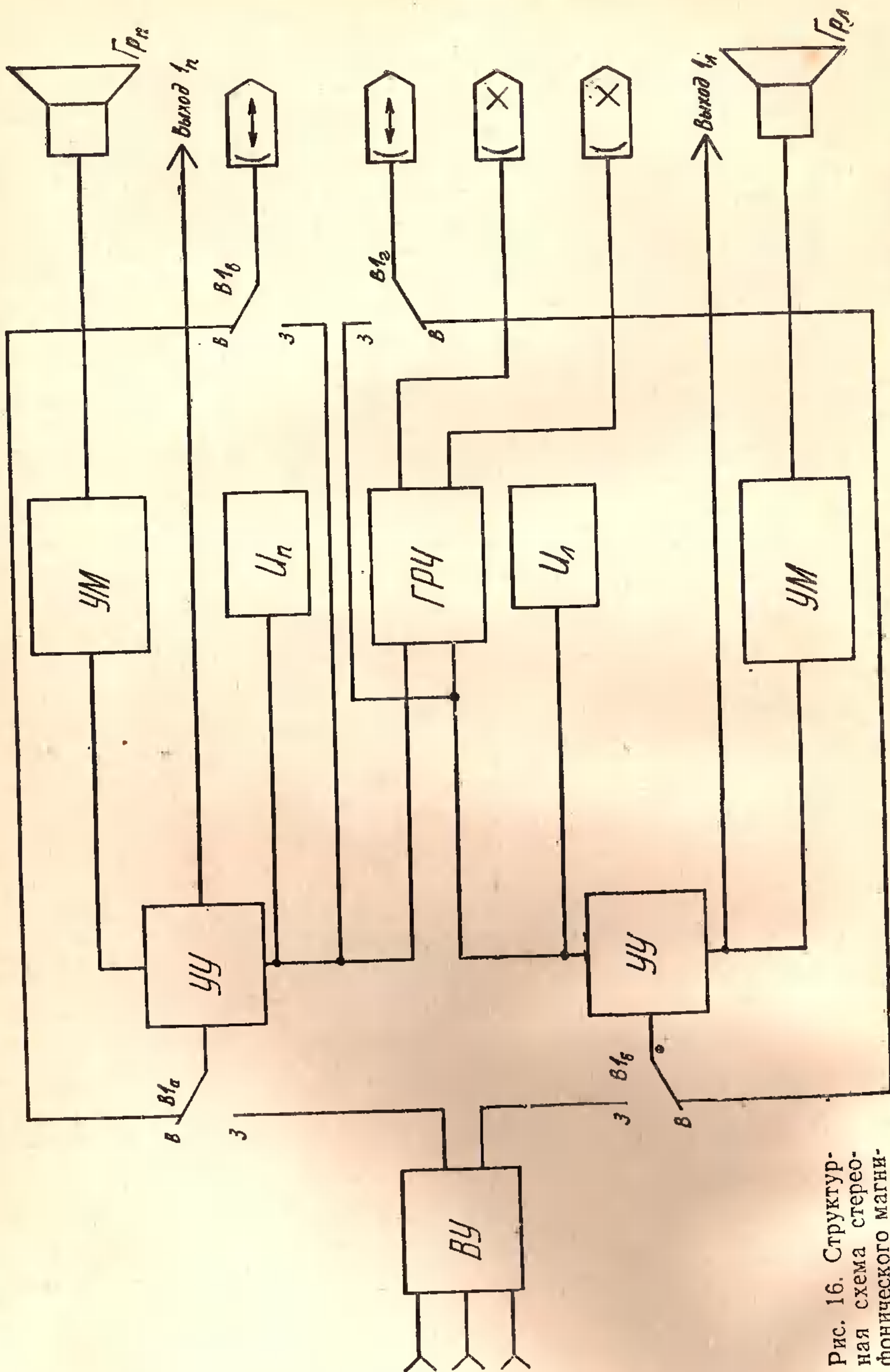


Рис. 16. Структурная схема стереофонического магнитофона.

В этом случае устанавливается и регулятор стереобаланса.

Примером стереофонического магнитофона с универсальными усилителями является «Юпитер-203».

Находят применение и стереофонические магнитофоны, имеющие один усилитель мощности. Их называют «неполный стерео». У этих магнитофонов стереосигнал имеется только на линейном выходе и для его эксплуатации необходим стереофонический электрофон или стереофоническая радиола.

Стереофонические кассетные магнитофоны выполняются по тем же структурным схемам, что и катушечные.

## ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МАГНИТОФОНОВ И ИХ ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ

Лентопротяжный механизм магнитофона (ЛПМ) предназначается для перемещения магнитной ленты относительно магнитных головок при записи, воспроизведении и перемотке ленты в прямом и обратном направлении. ЛПМ — это связующее звено между магнитной лентой, магнитными головками и электрической схемой магнитофона. Лентопротяжные механизмы катушечных магнитофонов выпускаются с различными кинематическими схемами, но, несмотря на их разнообразие, все они сводятся к трем основным типам: с одним двигателем, с двумя и с тремя.

Лентопротяжные механизмы кассетных магнитофонов выпускаются только с одним двигателем.

На рис. 17 показана кинематическая схема ЛПМ катушечного магнитофона с одним двигателем.

В рабочем режиме ЛПМ («Воспроизведение», «Запись») магнитная лента с подающего узла 1 поступает на приемный узел 2 через систему направляющих стоек 9 и лентоприжимов. Протягивание ленты осуществляется ведущим валом 5 (тонвалом), к которому пленку прижимает ролик 4. Вращение ведущего вала производится от насадки на валу 8 электродвигателя через эластичный пасик 11 или клинящий ролик. Для протягивания магнитной ленты с различными скоростями насадка на валу электродвигателя имеет несколько шкивов разных диаметров. Чтобы не образовывались петли пленки, приемный узел ЛПМ во время рабочего режима обеспечивает подмотку пленки. Таким образом на участке «ведущий вал — приемный узел» соз-



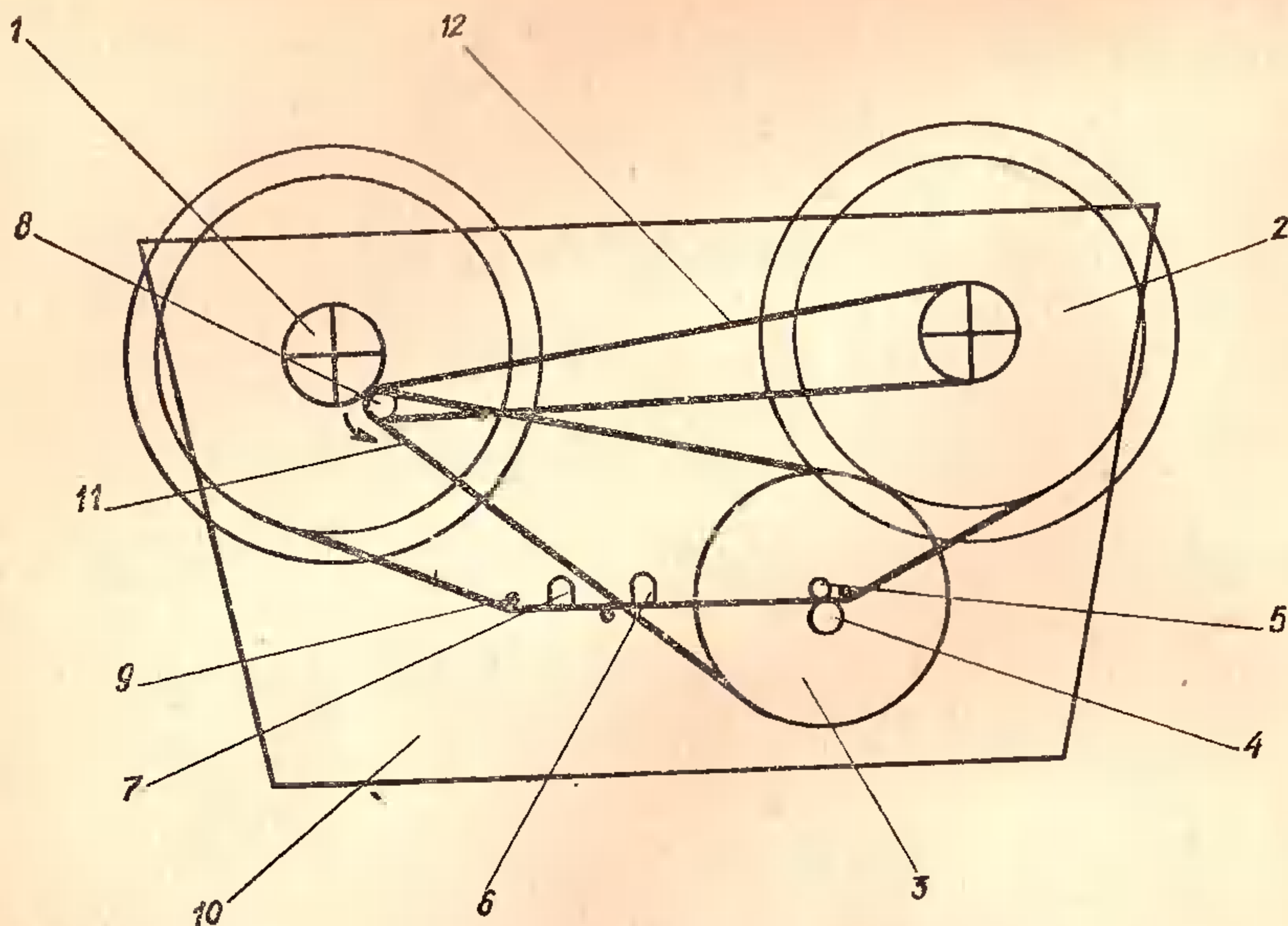


Рис. 17. Кинематическая схема ЛПМ с одним электродвигателем.

дается постоянное натяжение пленки, не меняющееся в зависимости от ее количества на катушке. Это обеспечивается фрикционным устройством приемного узла, получающим вращение от электродвигателя через эластичный пасик 12. Подающий узел ЛПМ обеспечивает притормаживание пленки во избежание наплывов.

Чтобы перемотать ленту в первоначальное положение после записи или воспроизведения, изменяют направление вращения подающего узла. При этом прижимной ролик отводят от ведущего вала. При обратной перемотке также создают некоторое натяжение ленты, чтобы рулон наматывался плотно и витки его не путались и не рассыпались. Желательно, чтобы натяжение ленты при перемотке, как и при рабочем ходе, оставалось постоянным, иначе плотность намотки в начале и конце катушки будет различной.

Ускоренная перемотка ленты в прямом направлении осуществляется так же, как в обратном, при этом функции подающего и приемного узлов меняются.

Чтобы лента не провисала и не разматывалась при неработающем магнитофоне, ЛПМ снабжаются тормозными устройствами, которые воздействуют на приемный и по-



дающий узлы. При протягивании ленты следует ограничить ее перемещение по высоте. Для этого применяют направляющие стойки или ролики. Такие ЛПМ установлены в магнитофонах «Маяк», «Юпитер», «Яуза».

Кинематическая схема ЛПМ с двумя двигателями отличается от предыдущей тем, что обратная и ускоренная вперед перемотка осуществляются от отдельного электродвигателя. В режиме рабочего хода пленки этот электродвигатель не работает. ЛПМ с двумя двигателями применяется в магнитофоне «Комета-212-стерео».

Лентопротяжные механизмы магнитофонов с тремя электродвигателями используются в профессиональных и бытовых магнитофонах высшего и первого класса. На рис. 18 показана кинематическая схема ЛПМ с тремя электродвигателями магнитофона «Маяк-001-стерео».

Перемещение магнитной ленты относительно блоков стирающей 13, записывающей 12 и воспроизводящей 11 магнитных головок осуществляется фрикционной парой ведущий вал 10 — прижимной ролик 9. Ведущий вал с маховиком 8 получает вращение от ведущего двухскоростного электродвигателя 4 через шкив и плоский резиновый пасик 3. При нажатии клавиши «Воспроизведение» электромагнит 5, преодолев усилия пружин, действует на тормоза 2 и растормаживает подающий и приемный узлы. Затем срабатывает электромагнит 14, якорь которого кинематически связан с рычагом. Поворачиваясь на оси, рычаг подводит прижимной ролик к ведущему валу. Одновременно с этим подается питание на электродвигатели боковых узлов, которые обеспечивают подмотку магнитной ленты на приемном узле 6 и подтормаживание на подающем узле 1.

В ЛПМ имеется механическое устройство 16, которое стабилизирует натяжение магнитной ленты в режиме рабочего хода ленты. Устройство состоит из ленточного дифференциального тормоза 17, один конец которого закреплен неподвижно, второй связан через рычаг с чувствительным элементом (осязателем) 18, соприкасающимся с магнитной лентой 15. Магнитная лента, перематываясь с подающего узла на приемный, изменяет положение осязателя, который, воздействуя на ленточный тормоз, плавно уменьшает усилие подтормаживания на подающем узле. Трехдекадный счетчик расхода ленты 19 имеет привод от приемного узла 1 через блок 21 с помощью пасиков 20 и 22 и натяжного ролика 7.

Лентопротяжные механизмы кассетных магнитофонов выполняются по одномоторной кинематической схеме. На



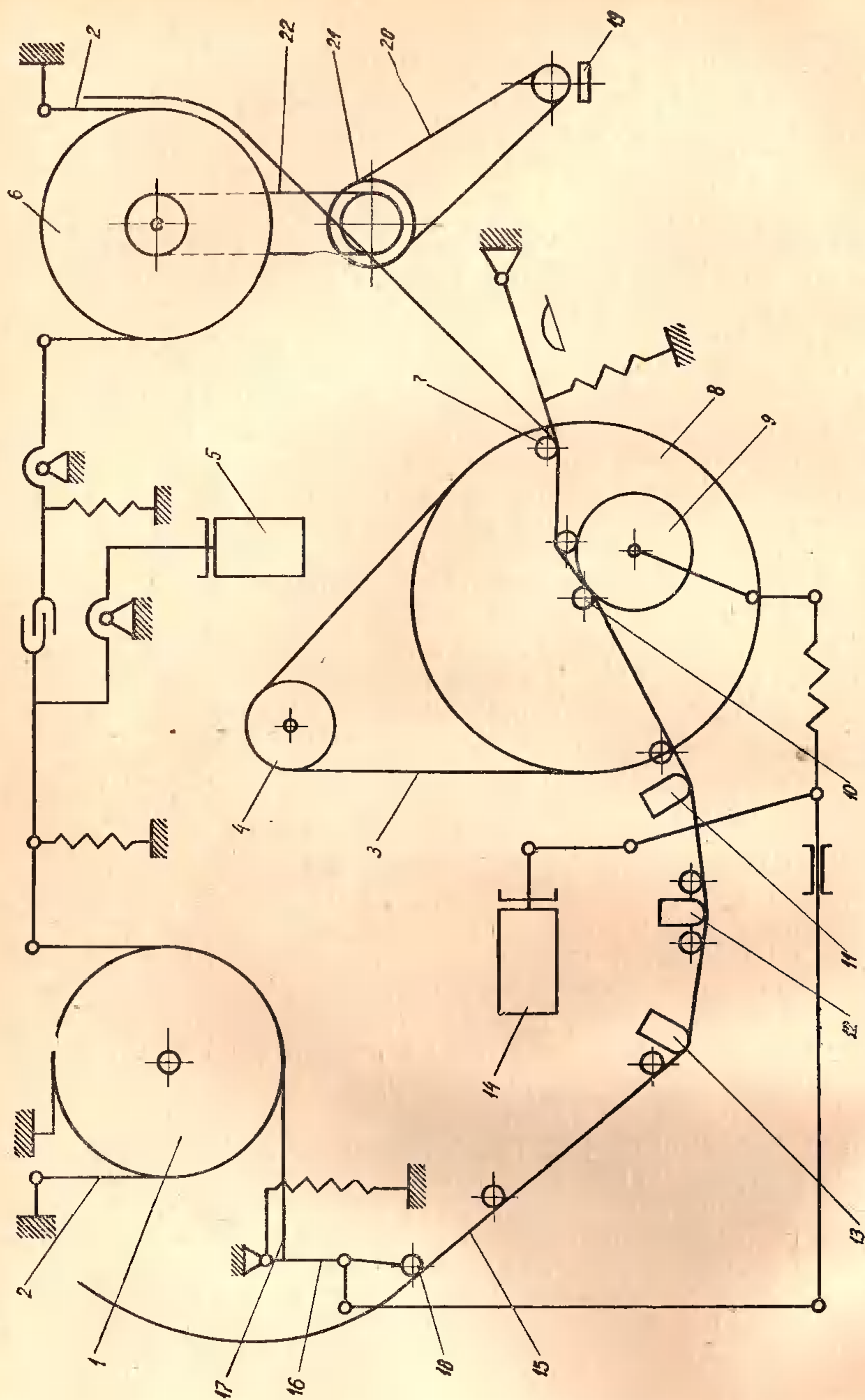


Рис. 18. Лентопротяжные механизмы магнитофонов с тремя электродвигателями.

рис. 19 показана кинематическая схема ЛПМ магнитофона «Легенда-404». В режиме рабочего хода транспортирование магнитной ленты 10 осуществляется ведущим валом 3 и прижимным роликом 2. Подмотка ленты при этом обеспечивается приемным узлом 18, получающим вращение от узла подмотки, который состоит из ролика 16 и фрикционной муфты с дисками 17 и 19. Фрикционными элементами являются фетровое кольцо и стальной диск, неподвижно установленный на оси. Вращающий момент, передаваемый муфтой, регулируется пружиной. Шкив 17 является ведущим диском муфты и получает вращение от электродвигателя 14 с помощью резинового пасика 15, вращающего одновременно маховик 1 с ведущим валом 3. Режим «Перемотка вперед» осуществляется после нажатия соответствующей клавиши, при этом вращение маховика через промежуточный обрезиненный ролик 12 и алюминиевый ролик 20 передается приемному узлу. В режиме «Перемотка назад» вращение от маховика через ролики 20 и 6 передается подающему узлу 8.

## СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ МАГНИТОФОН «ЮПИТЕР-203-СТЕРЕО»

### Общая характеристика магнитофона

Магнитофон второго класса «Юпитер-203-стерео» представляет собой двухскоростной стационарный четырехдорожечный магнитофон типа УСМ-24. Он соответствует требованиям ГОСТ 12392-71.

Основными параметрами, определяющими качество звучания магнитофона, являются номинальная скорость движения ленты (см/с — 19,05 и 9,53), число записываемых и воспроизводимых дорожек на магнитной ленте (4), отклонение скорости движения магнитной ленты от номинального значения (% , не больше чем  $\pm 2$ ).

**Коэффициент детонации.** Этот параметр показывает, насколько нестабильной является скорость движения магнитной ленты. На слух ухудшение этого параметра выражается в «плавании» звука, т. е. при воспроизведении звука одного тона слышны изменения тональности, вызванные самопроизвольным нарушением постоянства скорости перемещения магнитной ленты. Выражается коэффициент детонации в процентах относительно данной скорости и составляет при скорости 19,05 см/с не больше чем 0,15%, при скорости 9,53 см/с не больше, чем 0,25%.



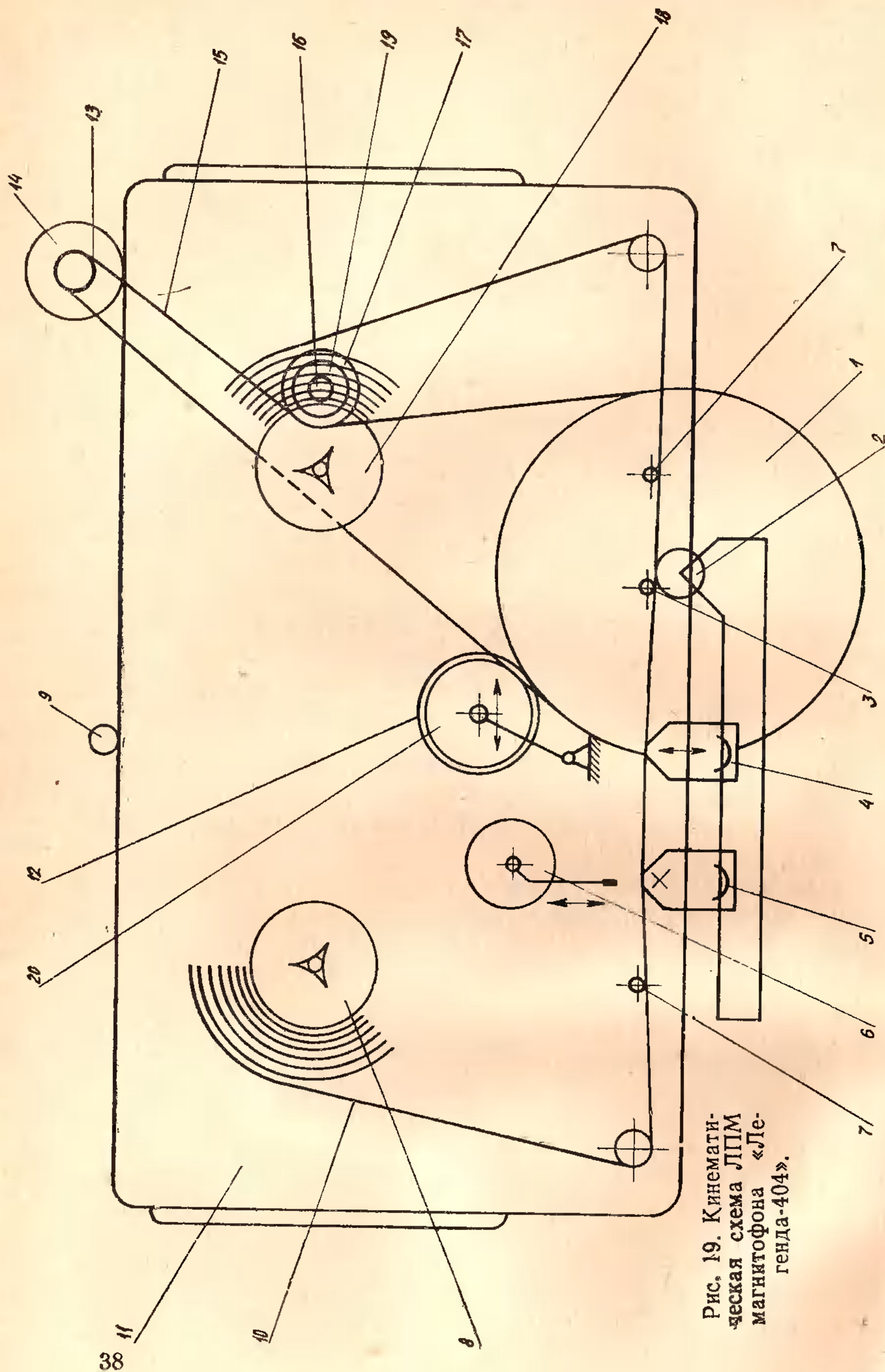


Рис. 19. Кинематическая схема ЛПМ магнитофона «Лемма-404».

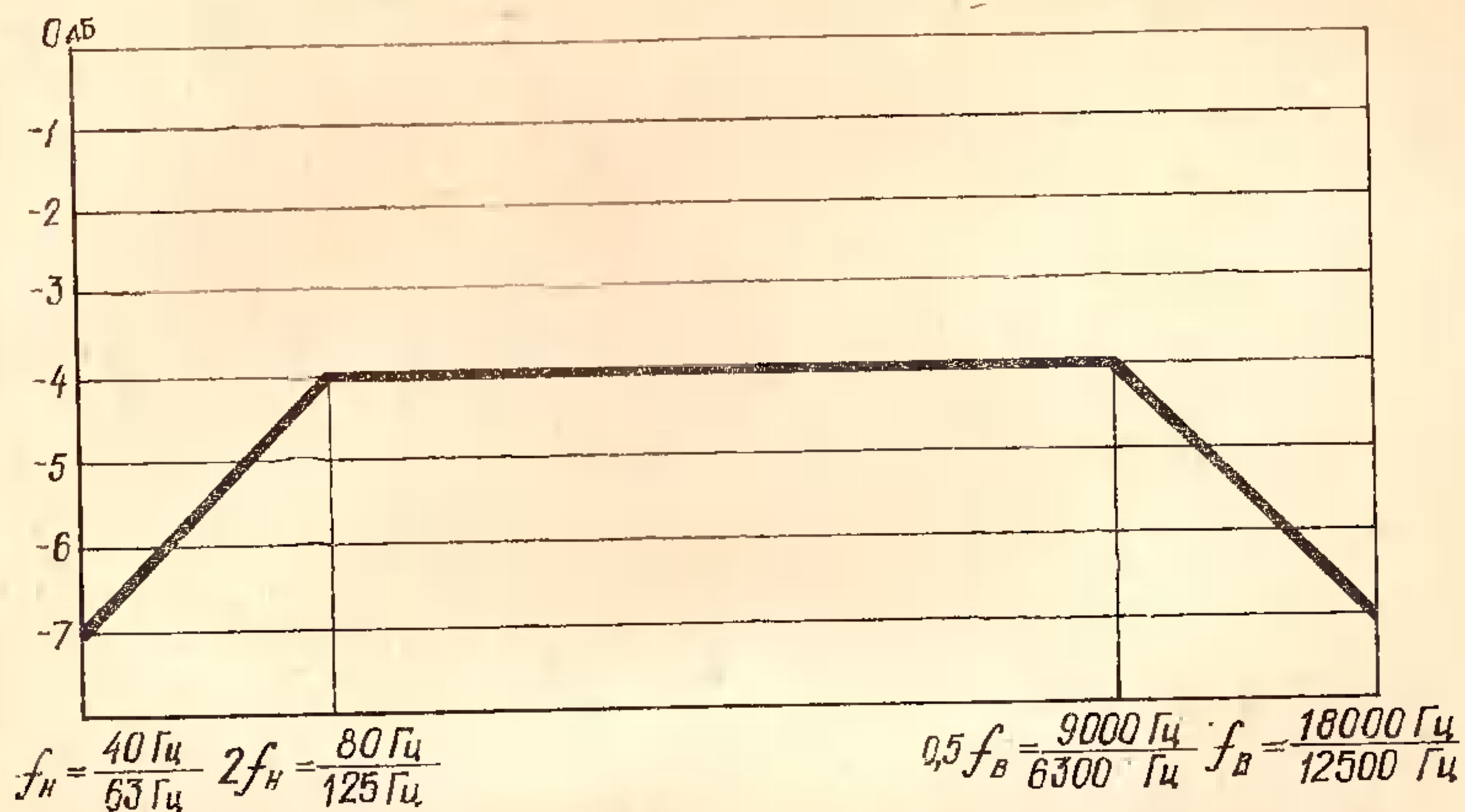


Рис. 20. Поле допусков амплитудно-частотной характеристики для катушечного магнитофона.

**Рабочий диапазон частот.** Зависит от амплитудно-частотной характеристики канала записи-воспроизведения и нормируется полем допусков. На рис. 20 показано поле допусков для магнитофона второго класса. Уменьшение уровня воспроизведения сигнала как низких, так и высоких звуковых частот допускается не больше чем на 7 дБ относительно уровня средних звуковых частот и на 4 дБ на участке от  $2f_H$  до  $0,5f_B$ . Рабочий диапазон частот поэтому составляет полосу от  $f_H = 40$  Гц до  $f_B = 18000$  Гц при скорости 19,05 см/с и от  $f_H = 63$  Гц до  $f_B = 12500$  Гц при скорости 9,53 см/с.

**Коэффициент нелинейных искажений** (клирфактор, коэффициент гармоник) в канале записи-воспроизведения нормирует искажения, возникающие вследствие нелинейности характеристик усилительных элементов в схеме магнитофона и нелинейности характеристики системы магнитная головка — магнитная лента — магнитная головка. Причем нелинейные искажения магнитного звена значительно превышают нелинейные искажения блока электроники магнитофона. Коэффициент нелинейных искажений (КНИ) для магнитофона второго класса составляет не более 3,5%. Относительный уровень помех в канале записи-воспроизведения — 42 дБ. Номинальное звуковое давление — не менее 0,8 Па.

Стереофонический катушечный магнитофон должен обеспечивать запись и воспроизведение на ленте, размеры



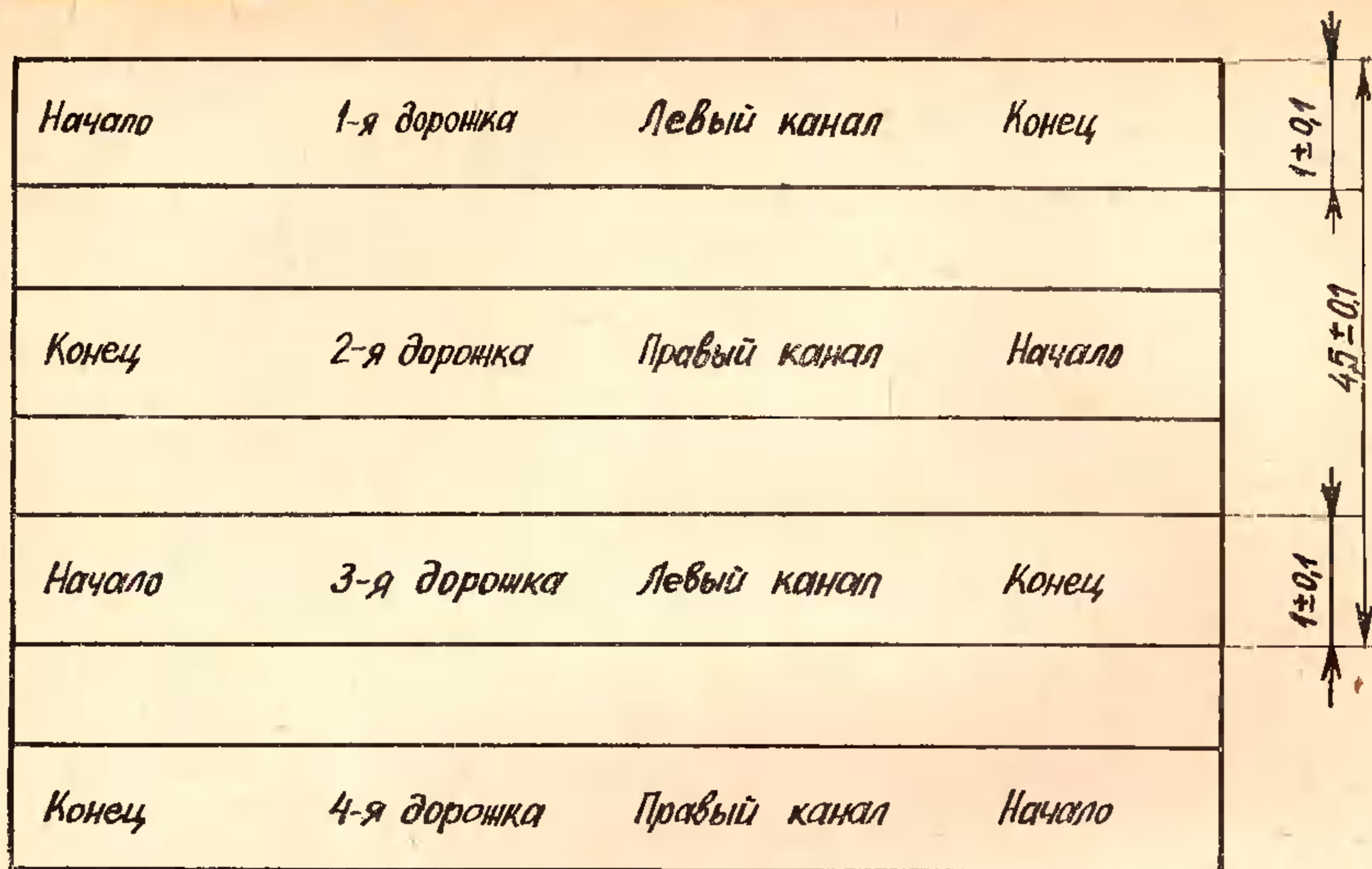


Рис. 21. Магнитная лента стереофонического катушечного магнитофона. Вид со стороны рабочего слоя.

и расположение дорожек записи которой указаны на рис. 21.




Магнитофон «Юпитер-203-стерео» может быть использован для записи и воспроизведения стереофонических и монофонических музыкальных и речевых программ на магнитную ленту толщиной 25 и 37 мкм. Он позволяет вести запись с микрофонов, электрофона, радиоприемника, радиотрансляционной сети, телевизора или другого магнитофона и прослушивать записываемые или воспроизводимые фонограммы с помощью встроенных контрольных громкоговорителей выносных акустических систем или головных стереонаушников. В магнитофоне предусмотрен режим «Усилитель», при котором обеспечивается качественное усиление монофонических и стереофонических программ со входа, рассчитанного на подключение электропроигрывателя с электромагнитным звукоснимателем и тюнера. В этом режиме лентопротяжный механизм магнитофона не работает. В магнитофоне предусмотрен режим «Автостоп», при котором автоматически отключается питание электродвигателя при окончании или обрыве магнитной ленты.

К магнитофону подключаются выносные акустические системы 10МАС-1М, имеющие полное электрическое сопротивление 8 Ом. Можно также подключать акустические системы 15АС или аналогичные, имеющие полное электрическое сопротивление не меньше чем 8 Ом.



Питание магнитофона осуществляется от электросети переменного тока напряжением 127 или 220 В с допустимым отклонением  $\pm 10\%$  от номинального значения.

Электроника магнитофона содержит два идентичных усилительных канала, один генератор стирания и подмагничивания и один общий блок питания (это соответствует рассмотренной нами ранее структурной схеме стереофонического магнитофона). Универсальный усилитель А1А3 и усилитель мощности А4А5 выполнены в виде функционально законченных блоков.

Схема универсального усилителя (УУ) выполнена на пяти транзисторах и состоит из каскадов предварительного усиления У1, У2 с частотной коррекцией и линейных усилителей У4, У5 (рис. 22). Работает универсальный усилитель в режимах записи и воспроизведения. В режиме записи на вход УУ подключается входное устройство, состоящее из гнезд Х3, Х4, Х5, Х6 типа СГ-5 и резистивного делителя, расположенного на кроссплате А2. Гнездо Х3 — вход электромагнитного звуко снимателя  (контакты 5, 3) и вход радиоприемника  (контакты 1, 4), Х4 — вход звуко снимателя  (контакты 3, 5), Х5, Х6 — входы микрофонов левого и правого каналов (контакты 2).

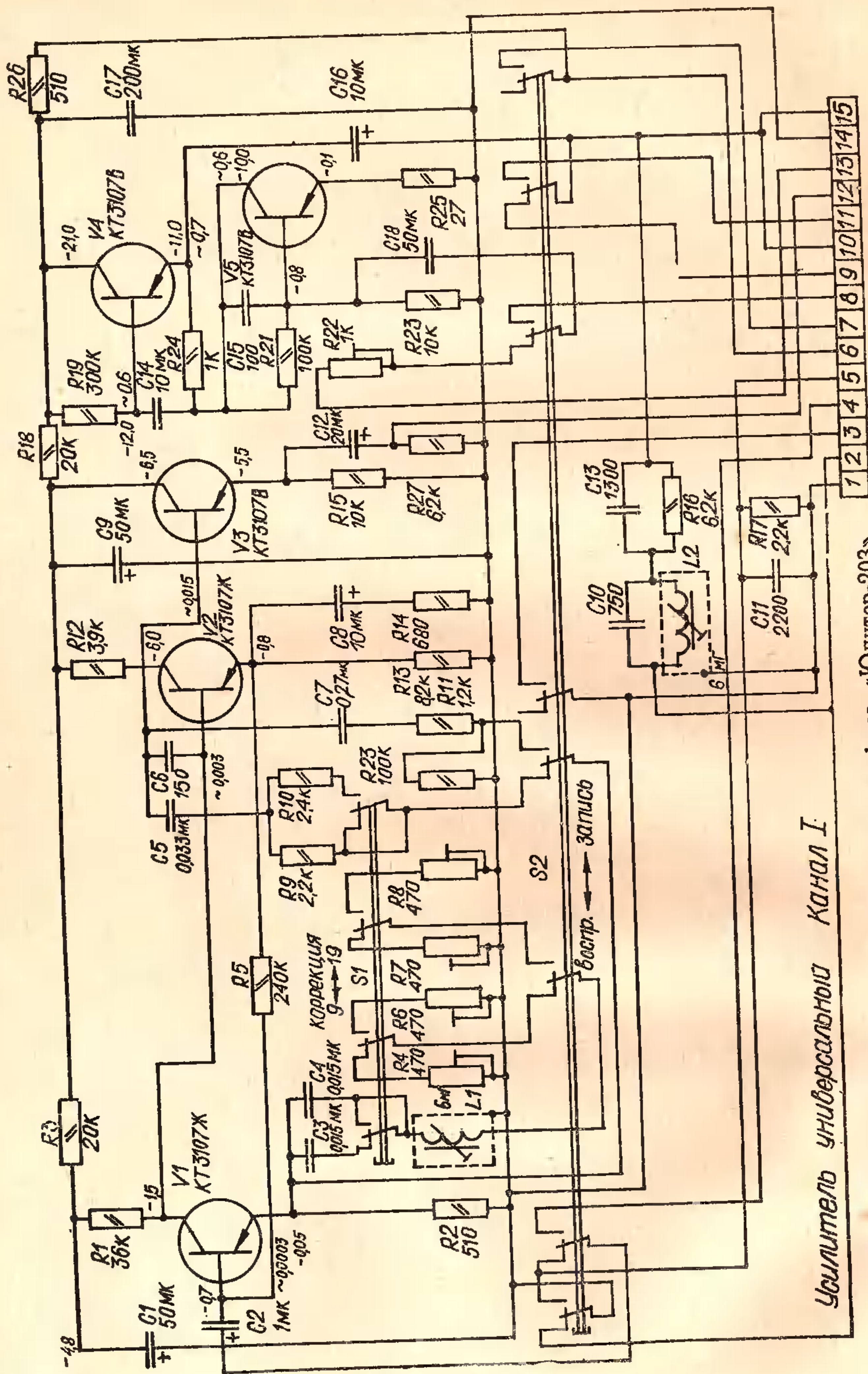
На всех гнездах к контакту 1 подключается шасси.

На рис. 23 показана адаптированная схема предварительного усилителя с цепями коррекции в режиме записи на скорости 19,05 см/с. Контактные группы переключателей 2 «Запись-воспроизведение» и 1 «Коррекция» из схемы исключены, и цепи показаны в виде постоянных электрических соединений.

Транзисторы V1 и V2 включены по схеме с общим эмиттером. В схеме применяется глубокая отрицательная обратная связь по постоянному току, так как связь между каскадами непосредственная, и для смещения транзистора V1 используется падение напряжения на резисторе эмиттерной термостабилизации R13 транзистора V2.

Рассмотрим работу этого участка схемы. Падение напряжения  $U_{\text{э}}$  на резисторе R13 через резистор R5 приложено к базе транзистора V1 последовательно с напряжением  $U_{\text{э1}}$ . Смещение транзистора V2 осуществляется за счет постоянной составляющей напряжения на коллекторе V1. Нарушение режима транзистора V1, например увеличение постоянной составляющей коллекторного тока транзистора V1, приводит к уменьшению напряжения на коллекторе транзистора V1, тока смещения транзистора V2, на-





Усилитель универсальный Канал I

Рис. 22. Схема универсального усилителя магнитофона «Юпитер-203».

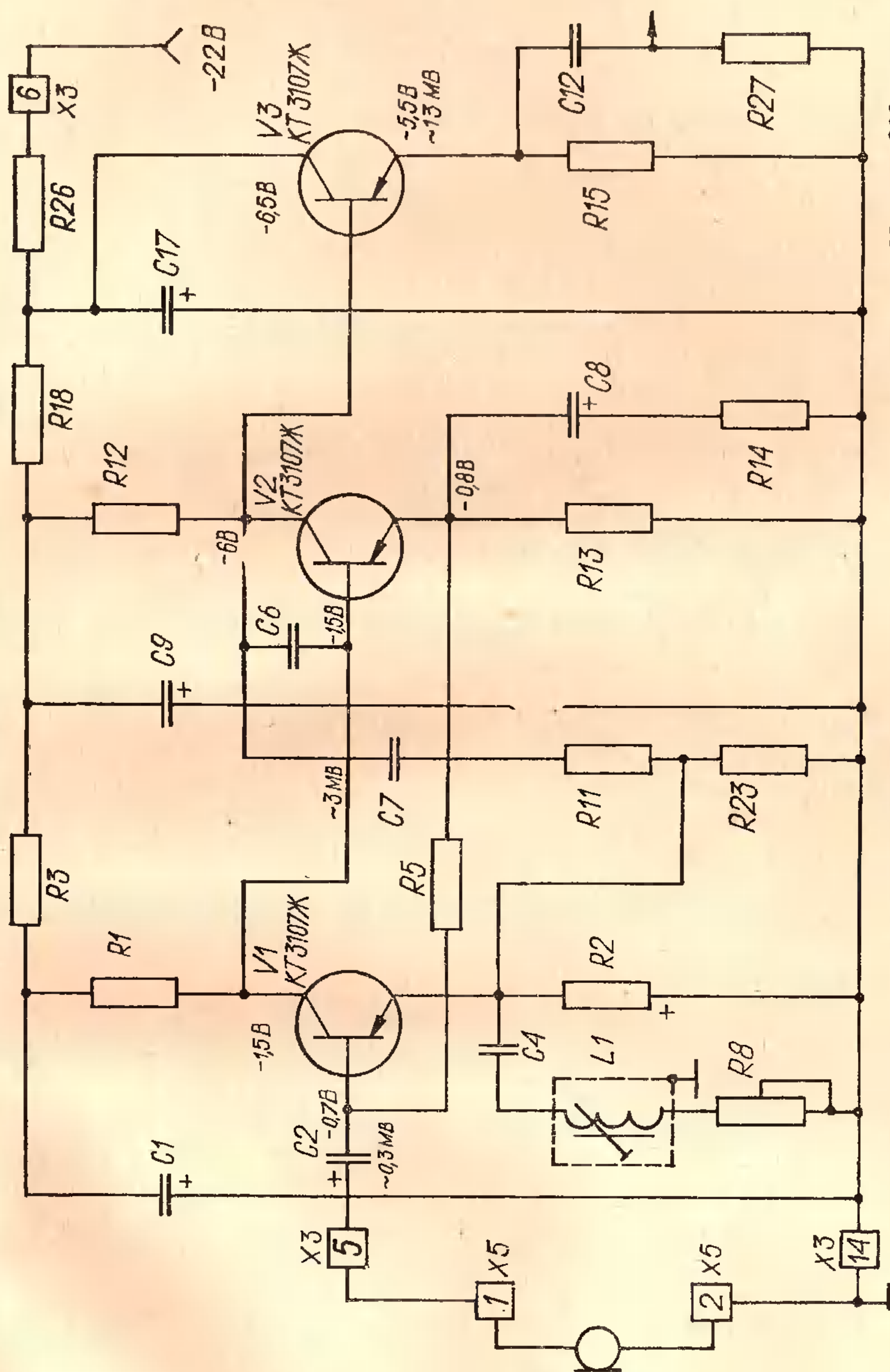


Рис. 23. Адаптированная схема предварительного усилителя магнитофона «Юпитер-203».



пряжения  $U_{э2}$  и, следовательно, к уменьшению тока смещения транзистора  $V1$ . Постоянная составляющая коллекторного тока транзистора  $V1$  уменьшается до номинального значения. В другом случае, если увеличивается постоянная составляющая коллекторного тока транзистора  $V2$ , то увеличиваются напряжение  $U_{э2}$  и ток смещения транзистора  $V1$ . Это приводит к увеличению коллекторного тока  $V1$  и уменьшению напряжения на коллекторе  $V1$ , а следовательно, к уменьшению тока смещения и коллекторного тока транзистора  $V2$  до номинального значения. Питание корректирующего усилителя осуществляется через развязывающие фильтры  $C1R3$  и  $C9R18$ . Транзисторы  $V1$  и  $V2$  обеспечивают предварительное усиление напряжения сигнала, а транзистор  $V3$  — усиление тока сигнала, который включен по схеме с общим коллектором. Эта схема также называется эмиттерным повторителем, так как коэффициент усиления напряжения сигнала меньше единицы. Смещение транзистора  $V3$  осуществляется за счет непосредственной связи с коллектором транзистора  $V2$ .

В режиме записи сигнал от входного устройства поступает через разделительный конденсатор  $C2$  на базу транзистора  $V1$  (см. рис. 23) и с коллекторной нагрузки  $R1$  этого транзистора на базу транзистора  $V2$ . Для удобства рассмотрения схемы контакты переключателя 2 «Запись-воспроизведение» и элементы коррекции для скорости 19,05 см/с из схемы изъяты. С коллекторной нагрузки  $R12$  транзистора  $V2$  сигнал поступает на базу эмиттерного повторителя  $V3$  и через разделительный конденсатор  $C12$  на линейный усилитель, собранный на транзисторах  $V4$  и  $V5$ . Суммарный коэффициент усиления предварительного корректирующего усилителя рассчитывают так:

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{15 \text{ мВ}}{0,3 \text{ мВ}} = 50.$$

Для обеспечения высококачественной записи в схеме предварительного усилителя введены частотные коррекции амплитудно-частотной характеристики. Коррекция в режиме записи производится на частотах 12500 Гц (для скорости 9,53 см/с) и 18000 Гц (для скорости 19,05 см/с). На этих частотах обеспечивается подъем амплитудно-частотной характеристики.

Его значение регулируется переменными резисторами  $R7$  для скорости 9,53 см/с и  $R8$  для скорости 19,05 см/с.

Сигнал отрицательной обратной связи (см. рис. 23)

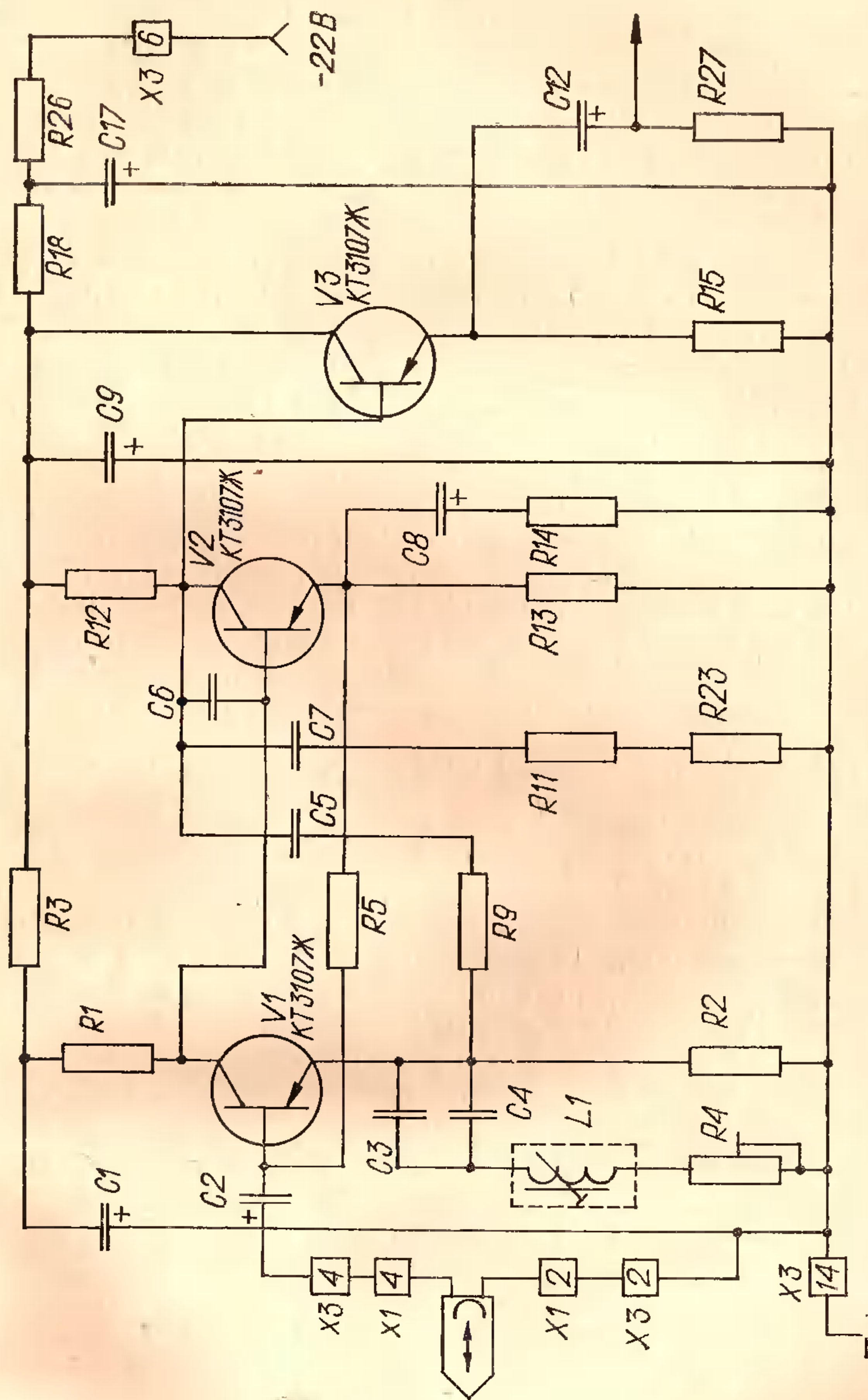


Рис. 24. Схема предварительного усилителя с цепями коррекции в режиме «Воспроизведение» на скорости 9,53 см/с.



с коллектора  $V2$  и цепи делителя сигнала с  $R7$  и  $R23$  поступает на эмиттер транзистора  $V1$ . На частоте коррекции сигнал отрицательной обратной связи шунтируется последовательным колебательным контуром с  $4L1$ . Вследствие резонанса напряжений сопротивление контура носит активный характер и практически уменьшается до значения переменного резистора  $R8$ , включенного последовательно с контуром. Это приводит к резкому увеличению коэффициента усиления.

На скорости 9,53 см/с вместо конденсатора  $C4$  подключается конденсатор  $C3$ . В области низких частот при записи звуковых сигналов коррекция амплитудно-частотной характеристики выполняется цепями отрицательной обратной связи  $C7R11$ . Возможность усилителя к самовозбуждению на высших частотах устраняется конденсатором  $C6$ , включенным между базой и эмиттером транзистора  $V2$ .

В режиме воспроизведения записи (рис. 24) с магнитной ленты работа предварительного усилителя отличается тем, что к входу усилителя подключается магнитная головка, а коррекция амплитудно-частотной характеристики осуществляется в области низких и высоких частот. Это обусловлено тем, что ЭДС магнитной головки зависит от частоты сигнала. В первую очередь это относится к низким частотам,

так как  $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ , т. е. ЭДС магнитной головки пропорциональна скорости изменения магнитного потока, записанного на ленте. Область I на кривой 1 (рис. 25) наглядно иллюстрирует эту зависимость.

В схеме универсального усилителя в режиме воспроизведения низкочастотная коррекция осуществляется цепями частотозависимой обратной связи  $C5R9$  для скорости 9,53 см/с и  $C5R10$  для скорости 19,05 см/с.

Высокочастотная коррекция при воспроизведении сигнала с магнитной пленки необходима в двух случаях. С увеличением частоты записанного сигнала зазор в сердечнике магнитной головки становится соизмеримым с длиной волны записанного сигнала. Например, при скорости движения пленки 9,53 см/с звуковой сигнал, частота которого 12000 Гц, имеет длину волны 2 мкм. При зазоре в сердечнике магнитной головки 4 мкм возможно противоположное расположение «молекулярных магнитов», что приводит к отсутствию ЭДС головки воспроизведения. Такое явление называется щелевым эффектом. Область II на кривой 1 (рис. 25) наглядно показывает явление щелевого эффекта.

Вследствие несовершенства структуры магнитных лент

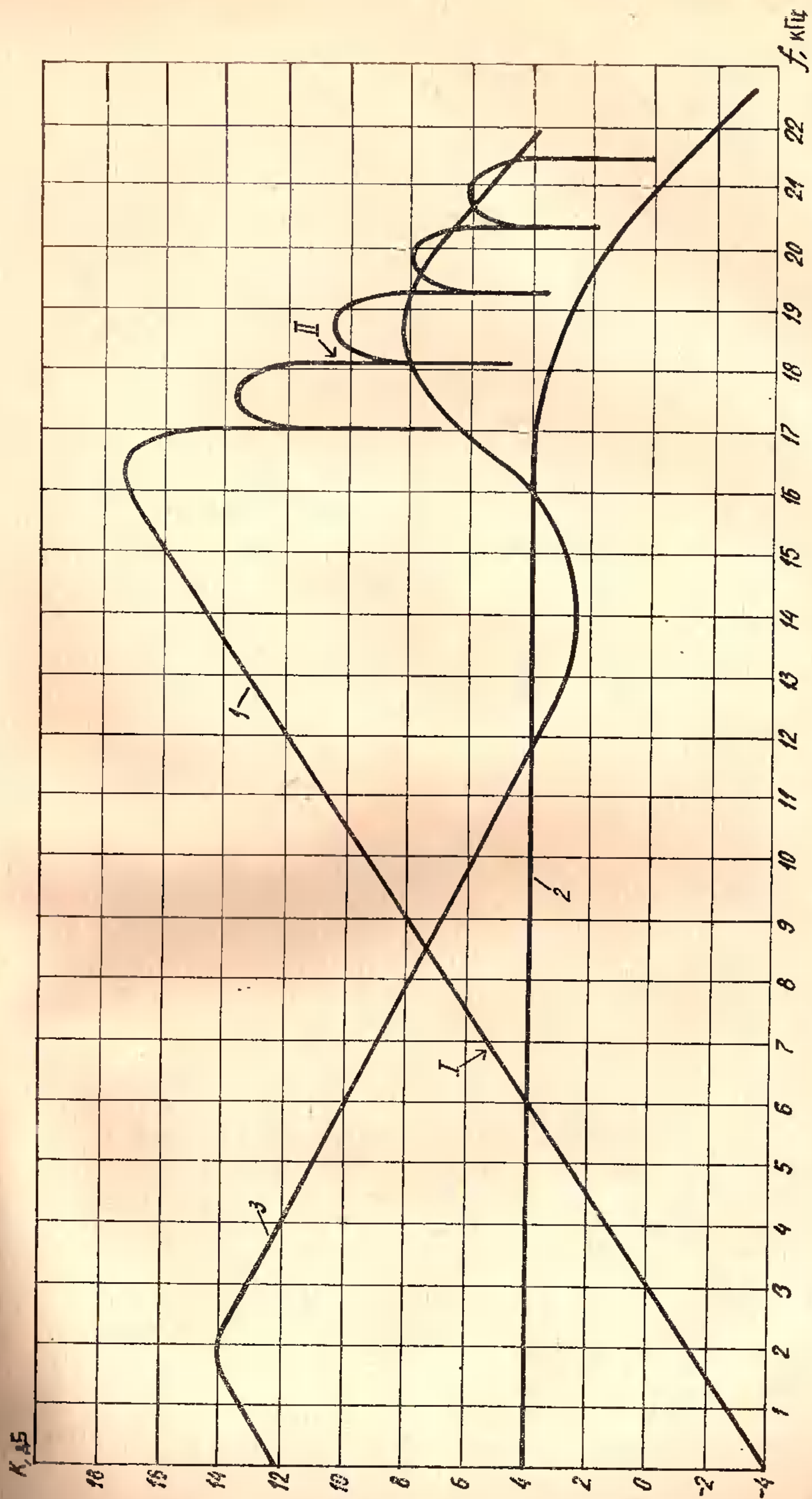


Рис. 25. Амплитудно-частотные характеристики: 1 — магнитной головки; 2 — отдачи магнитной пленки; 3 — универсального усилителя в режиме «Воспроизведение».



остаточный магнитный поток в области высоких частот резко уменьшается (кривая 2 на рис. 25).

Высокочастотная коррекция в схеме предварительного универсального усилителя выполняется последовательными колебательными контурами  $L1C3C4$  (на скорости 9,53 см/с) и  $L1C4$  (на скорости 19,05 см/с).

Коррекция устанавливается переменными резисторами  $R4$  (для скорости 9,53 см/с) и  $R6$  (для скорости 19,05 см/с).

Кривая 3 на рис. 25 представляет собой амплитудно-частотную характеристику предварительного универсального усилителя при воспроизведении сигнала с магнитной ленты при скорости 9,53 см/с.

На рис. 26 показана принципиальная схема оконечного каскада универсального усилителя одного из каналов магнитофона. На вход оконечного каскада, собранного на транзисторах  $V4$  и  $V5$  типа КТ3107Ж, сигнал от предварительного усилителя поступает через переменные резисторы. В режиме воспроизведения переключатель  $S2$  подключает подстроечный резистор  $R22$ , которым устанавливают номинальное напряжение сигнала на линейном выходе  $X3A2$ . Гнездо линейного выхода подключают к выходу оконечного каскада универсального усилителя. В этом же режиме сигнал через разделительный конденсатор  $C16$  поступает на усилитель мощности.

В режиме записи вход оконечного каскада универсального усилителя подключают к предварительному усилителю через переменный резистор  $R1$  ( $A2$ ) «Уровень записи» и подстроечный резистор  $R20$  ( $A2$ ), которым балансируется чувствительность универсальных усилителей двух каналов записи.

К выходу оконечного каскада универсального усилителя при записи сигналов подключают магнитную головку. Последовательно с головкой включена цепь  $C13R16$  и конденсатор  $2C10$ , которые служат для защиты универсального усилителя от попадания токов высокой частоты. При записи к выходу универсального усилителя обычно подключают индикатор уровня записи.

Схема подключения индикатора уровня записи показана на рис. 27. Индикатор состоит из эмиттерного повторителя  $V1$  и детектора сигнала, собранного на диодах  $V2V3$  по схеме удвоения напряжения. Подстроечным резистором  $R19$  производится калибровка показаний индикатора при регулировке схемы. Конденсатор  $C4$  устраняет выбросы напряжения кратковременных импульсных сигналов.

Усилитель мощности состоит из трех каскадов предва-

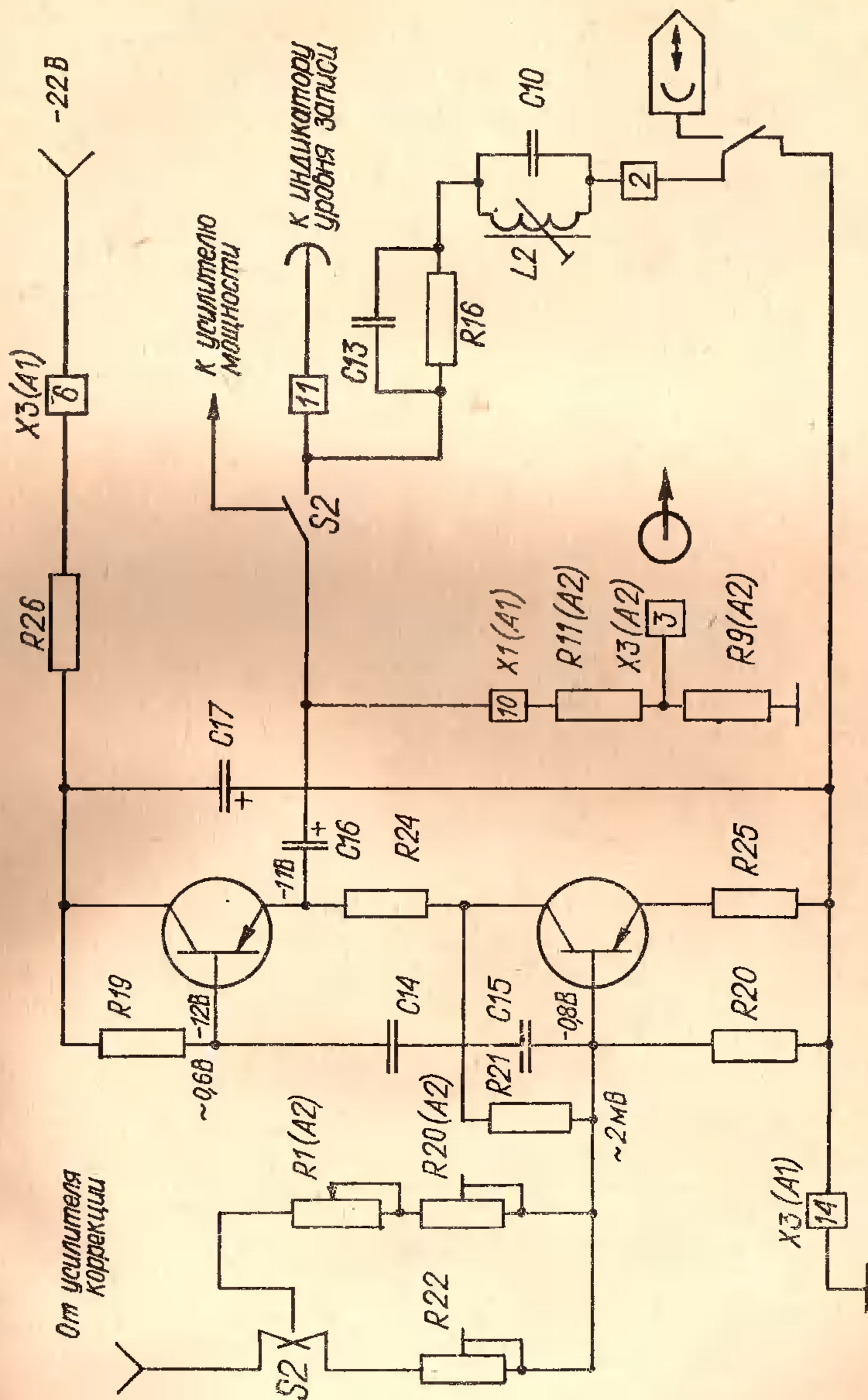


Рис. 26. Принципиальная схема окончного каскада универсального усилителя.



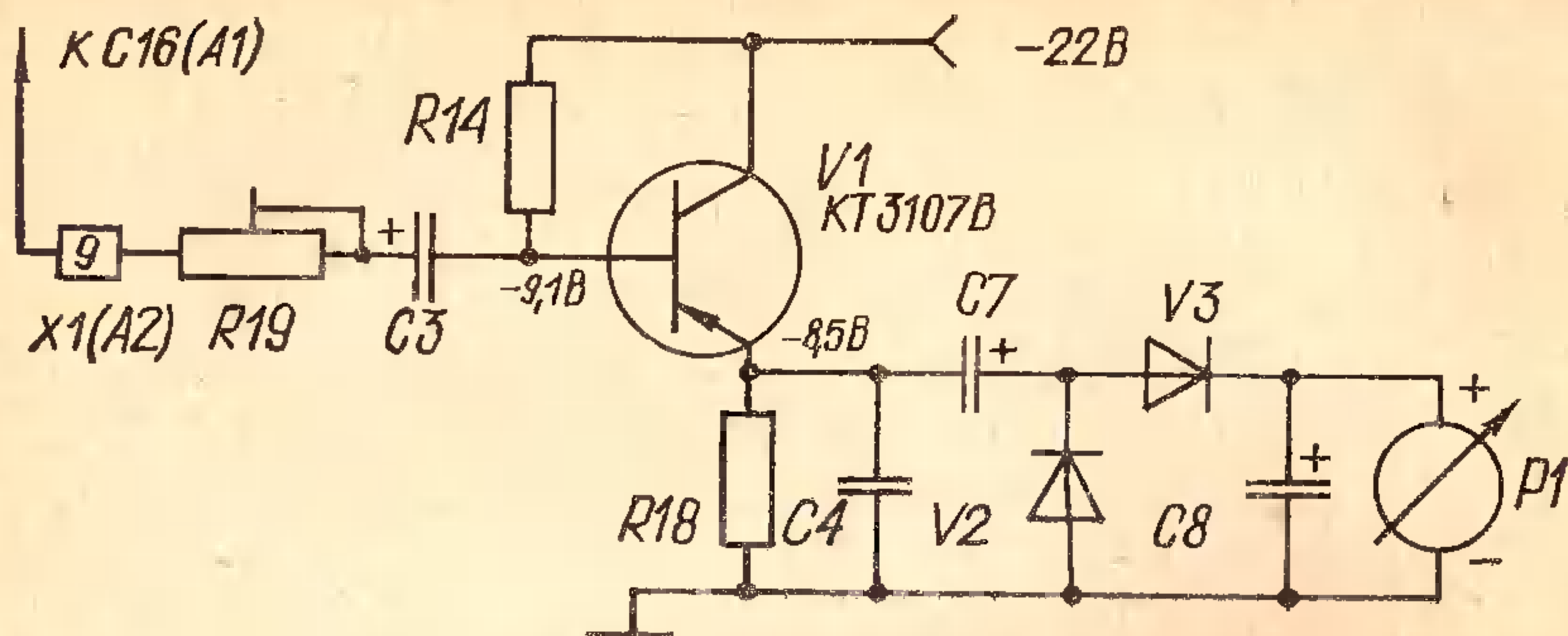


Рис. 27. Схема индикатора уровня записи.

нительного усиления и выходного каскада (рис. 28). Через разделительный конденсатор  $C3$  усиленный сигнал поступает на базу транзистора  $V2$  KT3107B, выполняющего функции второго каскада предварительного усиления.

Схема второго и третьего каскадов предварительного усиления низкой частоты гальванически связана с транзисторами  $V5—V8$  выходного каскада и охвачена глубокой отрицательной обратной связью по постоянному току. На рис. 28 показана принципиальная схема усилителя мощности магнитофона «Юпитер-203» без первого каскада предварительного усиления сигнала и схемы защиты от перегрузок. Рассмотрим, как работает эта схема. От источника питания (блок питания напряжением 48 В) напряжение приложено к схеме через предохранители  $F3$  и  $F4$ . Вторым каскадом предварительного усиления (транзистор  $V2$ ) питается через развязывающий фильтр  $C2R6$ . Связь между вторым и третьим (транзистор  $V3$ ) каскадами предварительного усиления непосредственная, и смещение транзистора  $V2$  осуществляется за счет напряжения эмиттерной температурной стабилизации транзистора  $V3$ . Работу, аналогичную усилительной «двойке», мы рассматривали в схеме универсального усилителя. Как же осуществляется прохождение постоянной составляющей коллекторного тока транзистора  $V3$ ?

Условимся участок прохождения тока и его направление обозначать стрелкой «→». Источник питания  $+48\text{ В} \rightarrow F4 \rightarrow X8, X6 \rightarrow R13 \rightarrow R12 \rightarrow ЭВ3 \rightarrow KV3 \rightarrow V9, V10 \rightarrow R11 \rightarrow R10 \rightarrow X6, X8 \rightarrow F3 \rightarrow$  Источник питания — 48 В.

Значение коллекторного тока в данной цепи зависит от сопротивления переменного резистора  $R13$ . Следовательно,

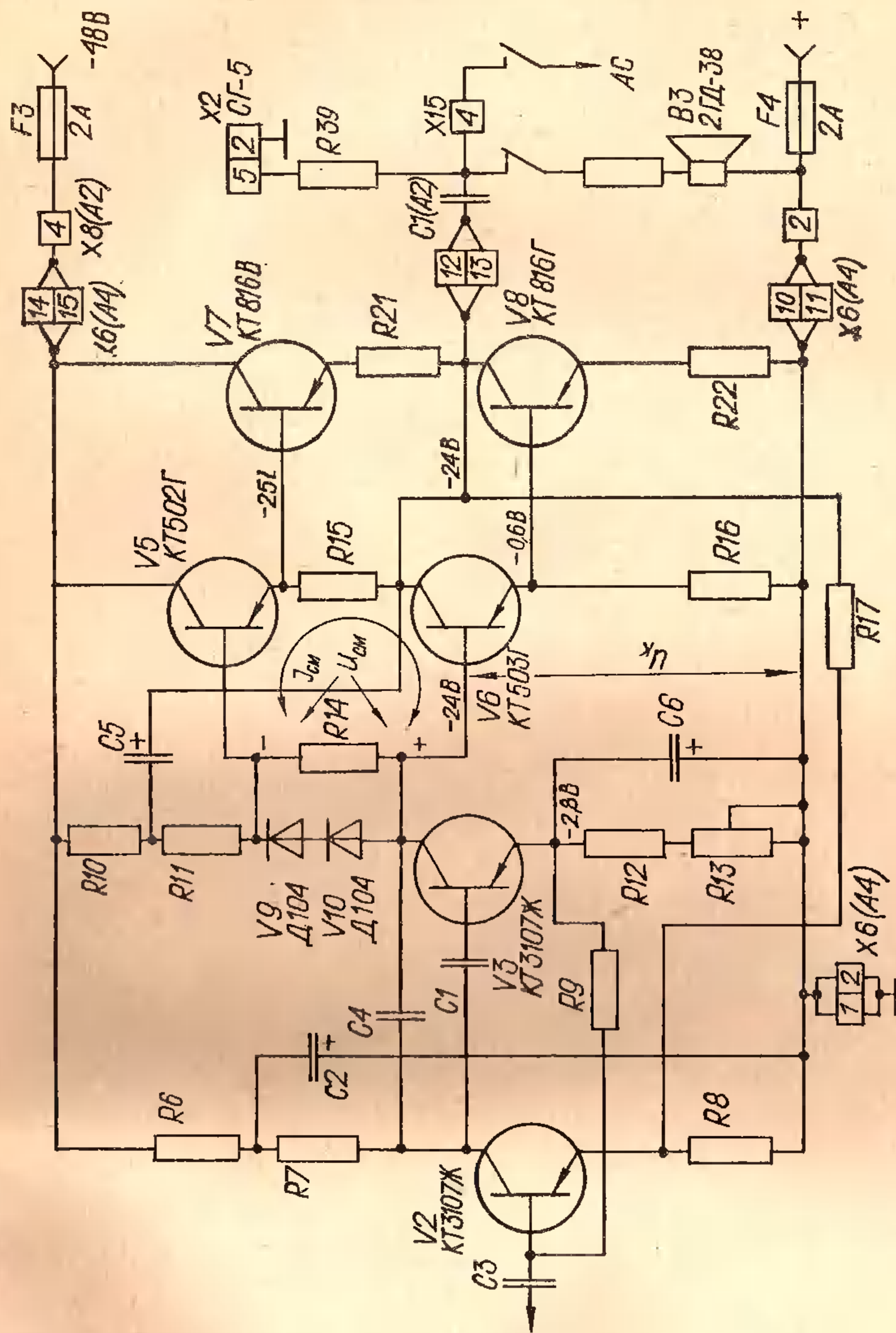


Рис. 28. Принципиальная схема выходного каскада магнитофона «Юпитер-203».



падения напряжений на участках этой цепи также регулируются положением движка переменного резистора  $R13$ . Постоянная составляющая коллекторного тока транзисторов  $V5$  и  $V6$  зависит от тока смещения этих транзисторов. Источником напряжения смещения служит падение напряжения на резисторе  $R14$  и на параллельно соединенных с ним диодах  $V9$  и  $V10$ . Обычно сопротивление резистора  $R14$  подбирают таким образом, чтобы обеспечить режим работы выходных транзисторов с минимальной постоянной составляющей коллекторного тока и без искажений типа «ступенька». Эти искажения возникают тогда, когда нет или незначителен ток смещения транзисторов  $V5$  и  $V6$ . При этом на смещение используется часть сигнала. Диоды  $V9$  и  $V10$  обычно закрепляются на радиаторах выходных транзисторов или в непосредственной близости от них. При нагревании их сопротивление уменьшается, что приводит к уменьшению падения напряжения на  $R14$ , а следовательно, и уменьшению постоянной составляющей коллекторного тока выходных транзисторов, т. е. к термостабилизации выходного каскада. Однако в результате изменения положений переменного резистора  $R13$  изменяется напряжение на коллекторе  $V3$ , что вызывает дифференциально изменение режима работы транзисторов  $V5$  и  $V6$ . Например, уменьшение напряжения  $U_K$  до  $-24,5$  В вызывает уменьшение коллекторного тока  $V6$  и увеличение коллекторного тока  $V5$  и, наоборот, увеличение напряжения  $U_K$  до  $-23,5$  В приводит к увеличению коллекторного тока  $V6$  и уменьшению коллекторного тока  $V5$ . Следовательно, переменным резистором  $R13$  можно осуществлять балансировку плеч выходного каскада.

Транзисторы  $V5$  и  $V7$ ,  $V6$  и  $V8$  включены по схеме составного транзистора, причем резисторы  $R15$  и  $R16$  выполняют функции согласующих резисторов. Нагрузкой транзистора  $V5$  является входное сопротивление  $V7$ , а нагрузкой  $V6$  — входное сопротивление  $V8$ . Такая схема включения выходных составных транзисторов называется *квази-комплементарной*, так как составной транзистор  $V6V8$  представляет собой искусственный эквивалент мощного выходного « $n-p-n$ » транзистора. В эмиттерных цепях  $V7$  и  $V8$  включены защитные резисторы  $R21$  и  $R22$  сопротивлением  $1$  Ом каждый. В случае перегрузки выходного каскада по постоянному току на резисторе  $R21$  выделяется падение напряжения  $U_3$ , которое открывает транзистор  $V4$  типа КТ3107В. Внутреннее сопротивление насыщенного транзистора  $V4$  шунтирует смещение транзистора  $V5$ , кото-



рый в свою очередь закрывает транзистор выходного каскада  $V7$ . При коротком замыкании в нагрузке в том случае, когда резко возрастает переменная составляющая коллекторного тока, диод  $V11$  АИ301В выполняет функцию параллельного детектора сигнала. Выпрямленное этим диодом напряжение защиты фильтруется конденсаторами  $C7$ ,  $C8$  и открывает транзистор  $V4$ . Переменным резистором  $R19$  устанавливается порог срабатывания схемы защиты от перегрузки выходного каскада. На рис. 29 представлена принципиальная схема защиты выходного каскада от перегрузки по току и короткого замыкания в нагрузке.

Выходные транзисторы по постоянному току включены последовательно, и при правильной балансировке составных транзисторов напряжение в средней точке их соединения равно  $\frac{U_K}{2} = -24$  В. В схеме усиления мощности применяется не только термостабилизация, но и термокомпенсация за счет обратной связи по постоянному току через резистор  $R17$ .

Сигнал низкой частоты через разделительный конденсатор  $C3$  поступает на базу транзистора  $V2$  и с нагрузочного резистора  $R7$  на базу транзистора  $V3$ . Транзистор  $V2$  охвачен отрицательной обратной связью с выходного каскада через резистор  $V7$ . Между коллекторными цепями транзисторов  $V2$  и  $V3$  включен конденсатор  $C4$ , осуществляющий отрицательную обратную связь в области высоких частот сигнала.

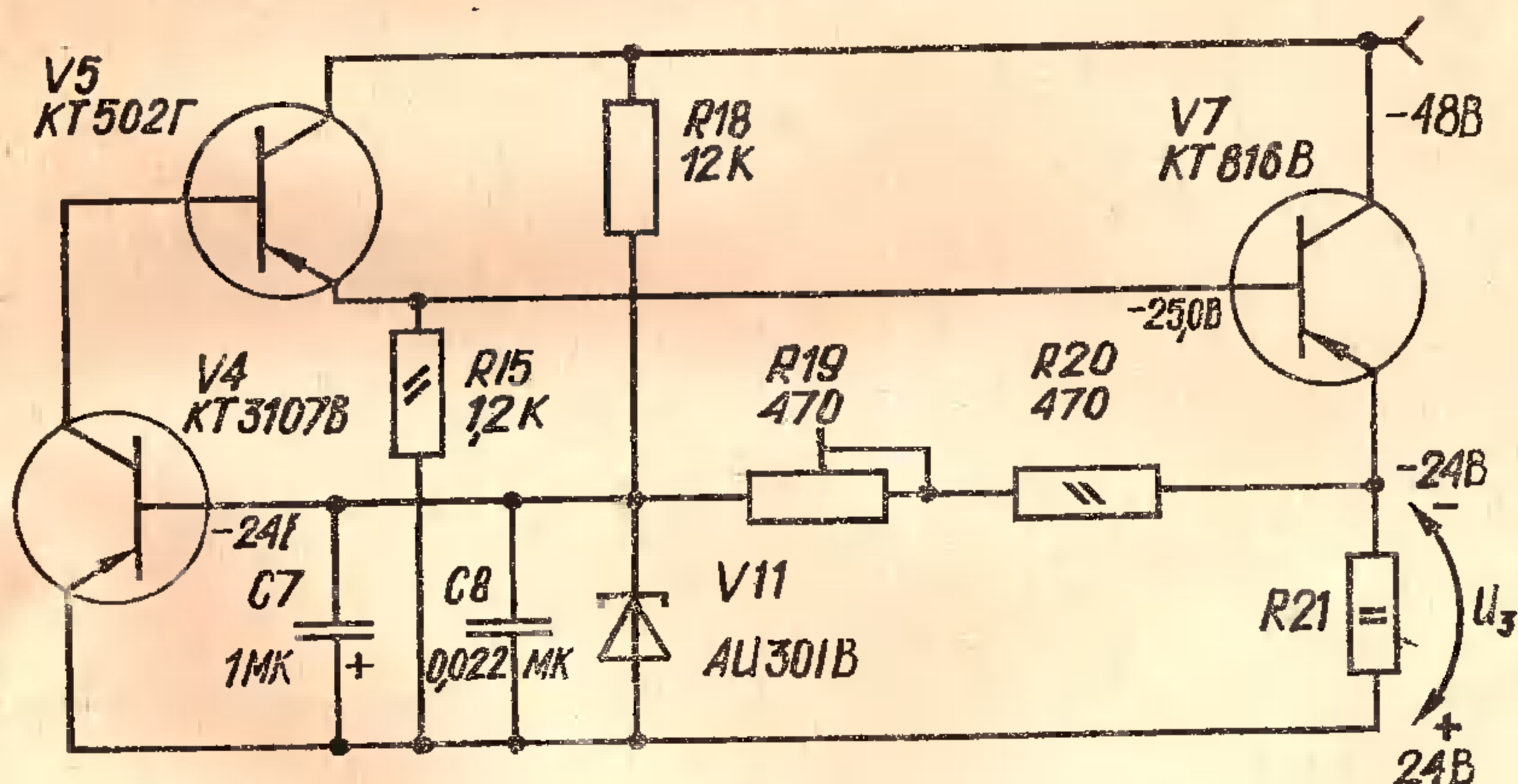


Рис. 29. Принципиальная схема защиты выходного каскада магнитофона «Юпитер-203» от перегрузок.



Для работы транзистора  $V3$  в режиме максимального усиления сигнала напряжение источника питания должно быть большим, чем для других транзисторов. Этого достигают созданием искусственной схемы повышения питающего напряжения с помощью конденсатора «вольтдобавки»  $C5$ . В этой схеме потенциал между источником питания и коллектором будет изменяться от  $E_K = 48$  В до  $\frac{E_K}{2} = 24$  В.

Следовательно, в пиковые моменты размаха сигнала на выходе схемы  $E = E_K + U_{\text{вых}} \approx 1,5 E_K \approx 70$  В.

С помощью конденсатора  $C5$  осуществляется положительная обратная связь, которая имеет незначительную глубину из-за слабого влияния питающего напряжения на коэффициент усиления каскада. Поэтому самовозбуждения в схеме не возникает. Защитные резисторы  $R21$  и  $R22$  расширяют частотный диапазон выходного каскада за счет отрицательной обратной связи по току сигнала. На рис. 30 показано, как изменяется частотная характеристика выходного каскада при различных сопротивлениях защитных резисторов.

Нагрузкой усилителя мощности магнитофона могут быть либо встроенные акустические головки прямого излучения

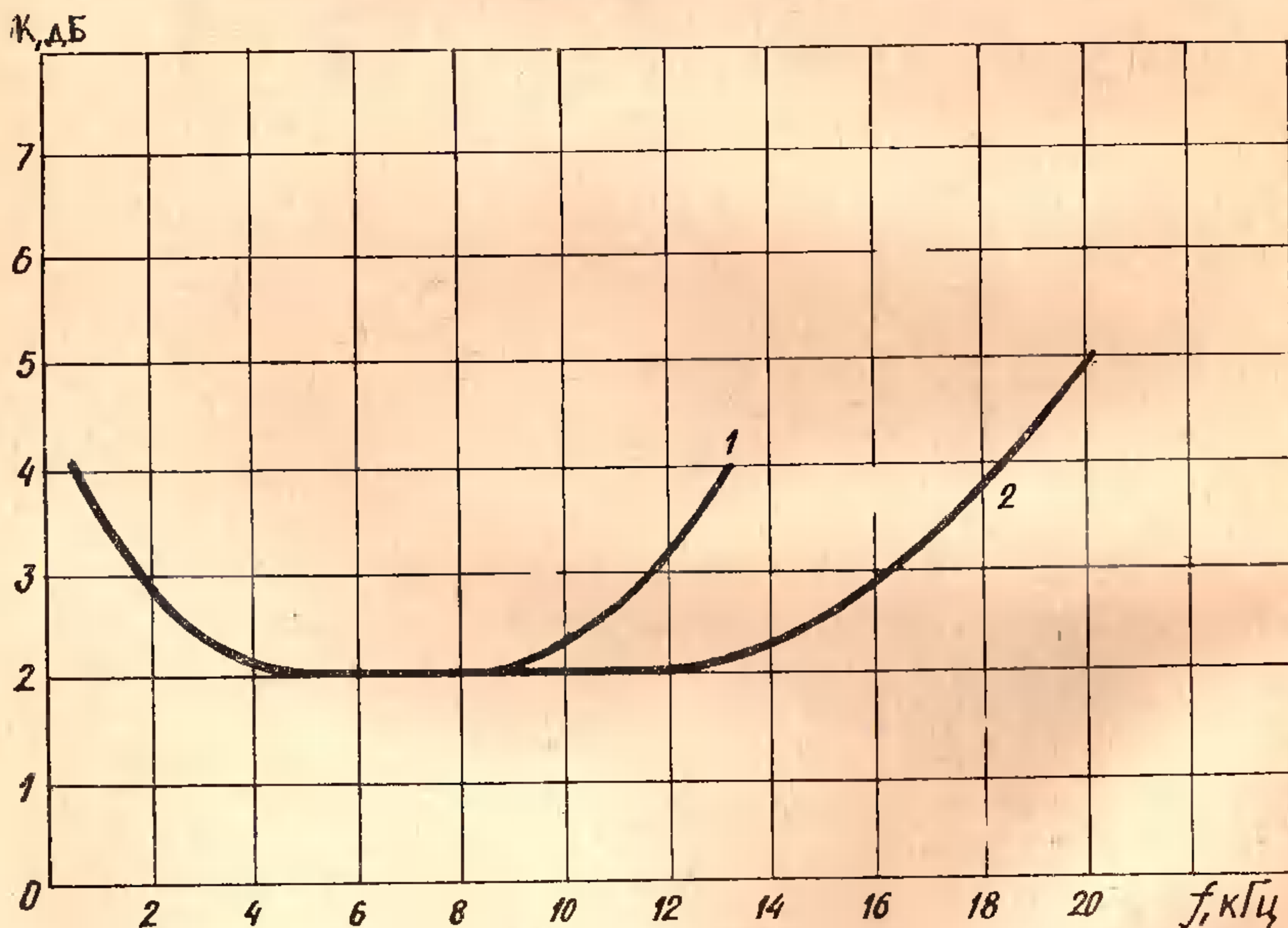


Рис. 30. Частотная характеристика выходного каскада усилителя магнитофона: 1 —  $R21,22=0$ ; 2 —  $R21,22=1$  Ом.



*B3, B4* типа 2ГД28, либо внешние акустические системы типа 10МАС1. Подключается нагрузка усилителя через разделительный конденсатор *C1* (*A2*) емкостью 2000 мкФ, переключатель *S3* и розетку РВН4-3-Г1.

В схеме предусмотрено включение стереотелефонов через гнездо *X2* типа СГ-5.

Акустическая система 10МАС1 состоит из двух головок прямого излучения, низкочастотной 10ГД30 и высокочастотной 3ГД31, которая подключается через разделительный конденсатор емкостью 4 мкФ. Внутреннее пространство колонки заполнено звукопоглощающим материалом, что обеспечивает меньшую неравномерность частотной характеристики колонки.

Генератор стирания и подмагничивания (ГСП) выполнен по двухтактной схеме с трансформатором *T1* на двух транзисторах *V1* и *V2* типа КТ502В. Частота генерации ГСП составляет  $80 \pm 10$  кГц. Сила тока подмагничивания регулируется переменными резисторами *R9* и *R10*.

При работе магнитофона в режиме монозаписи последовательно с работающей стирающей головкой одного из каналов включается эквивалент стирающей головки *L1* или *L2*.

Конструктивно на плате ГСП установлен переключатель каналов *S1*, позволяющий проверить работу магнитофона в режимах «Моно» или «Сtereo».

На плате соединений собраны схемы регуляторов тембров по низким и высоким частотам, схемы тонкомпенсации, уровня громкости, входные делители, схемы предварительных усилителей и выпрямителей индикаторов уровней записи и воспроизведения.

Блок питания магнитофона предназначен для преобразования напряжения электросети (220/127 В, 50 Гц) в постоянное нестабилизированное напряжение — 45 В для питания УМ, постоянное стабилизированное напряжение — 20 В для питания УУ и ГСП, а также для получения переменного напряжения 5 В, используемого для питания лампочек накаливания *H1* и *H2*, служащих для подсветки шкал индикаторов.

Блок питания состоит из силового трансформатора *T1*, выпрямителя нестабилизированного напряжения, собранного на диодах *V2V5* типа КД202В с фильтром на конденсаторах *C4, C5*, выпрямителя стабилизированного напряжения, который состоит из кремниевого выпрямителя *V1* типа КЦ405В, стабилизатора, собранного на стабилитроне *V1* типа Д816А, резистора *R10* и конденсатора *C1*. Конструк-



тивно на плате выпрямителей собрана схема включения режима «Автостоп», состоящая из реле К1 типа РЭС9 и схемы искрогашения (С2, R2). Для электросети 220 В применяется предохранитель ПМ-0,5, а для сети 127 В — ПМ-1. Предохранители F1 (ПМ-0,5) и F2 (ПМ-4), установленные во вторичных обмотках силового трансформатора Т1, служат для защиты выпрямителей магнитофона от коротких замыканий в схеме, предохранители F3, F4 (ПМ-2) — для защиты схемы от перегрузок по току.

Работа схемы осуществляется при нажатой кнопке S1 («Автостоп»), расположенной на передней панели магнитофона. Напряжение 44 В от нестабилизированного источника напряжения подается на обмотку реле К1. При обрыве или окончании ленты на подающей катушке происходит замыкание контактов контактной группы 0,1, и «+» источника переключается на другой конец обмотки реле. Реле срабатывает и замыкает контакты 4, 5 и 7, 6. При этом размыкается цепь питания электродвигателя М1, а к обмотке реле подключается «+» через контакты 4, 5 до тех пор, пока не будет отжата кнопка S1.

Лентопротяжный механизм магнитофона «Юпитер-203-стерео» (рис. 31) выполнен по одномоторной кинематической схеме. Привод центрального узла осуществляется с помощью ролика, привод промежуточных роликов боковых узлов — с помощью эластичных пасиков (см. схему кинематическую). Управление ЛПМ осуществляется с помощью переключателя рода работ, а включение двигателя и переключение скоростей — с помощью переключателя скоростей.

Узлы и детали ЛПМ собраны на стальном штампованном шасси, на котором на четырех стойках укреплена плата блока головок. На ней крепятся следующие узлы и детали: втулка ведущего вала с подшипниками, несущий рычаг прижимного ролика, ГУ и ГС, элементы лентоприжима, направляющие колонки, рычаг включения режима «Временная остановка ленты», рычаг механизма «Автостоп».

Все подшипники, применяемые в лентопротяжном механизме, выполнены из железного графита. Ведущий вал с маховиком установлен в подшипниковую втулку. Осевым упором вала служит капроновая шайба, вложенная в головку регулировочного винта. Справа от ведущего вала расположен рычажно-кулачковый переключатель рода работ ЛПМ. Переключатель кинематически связан системой рычагов с промежуточными роликами. Кулачок с поводком,



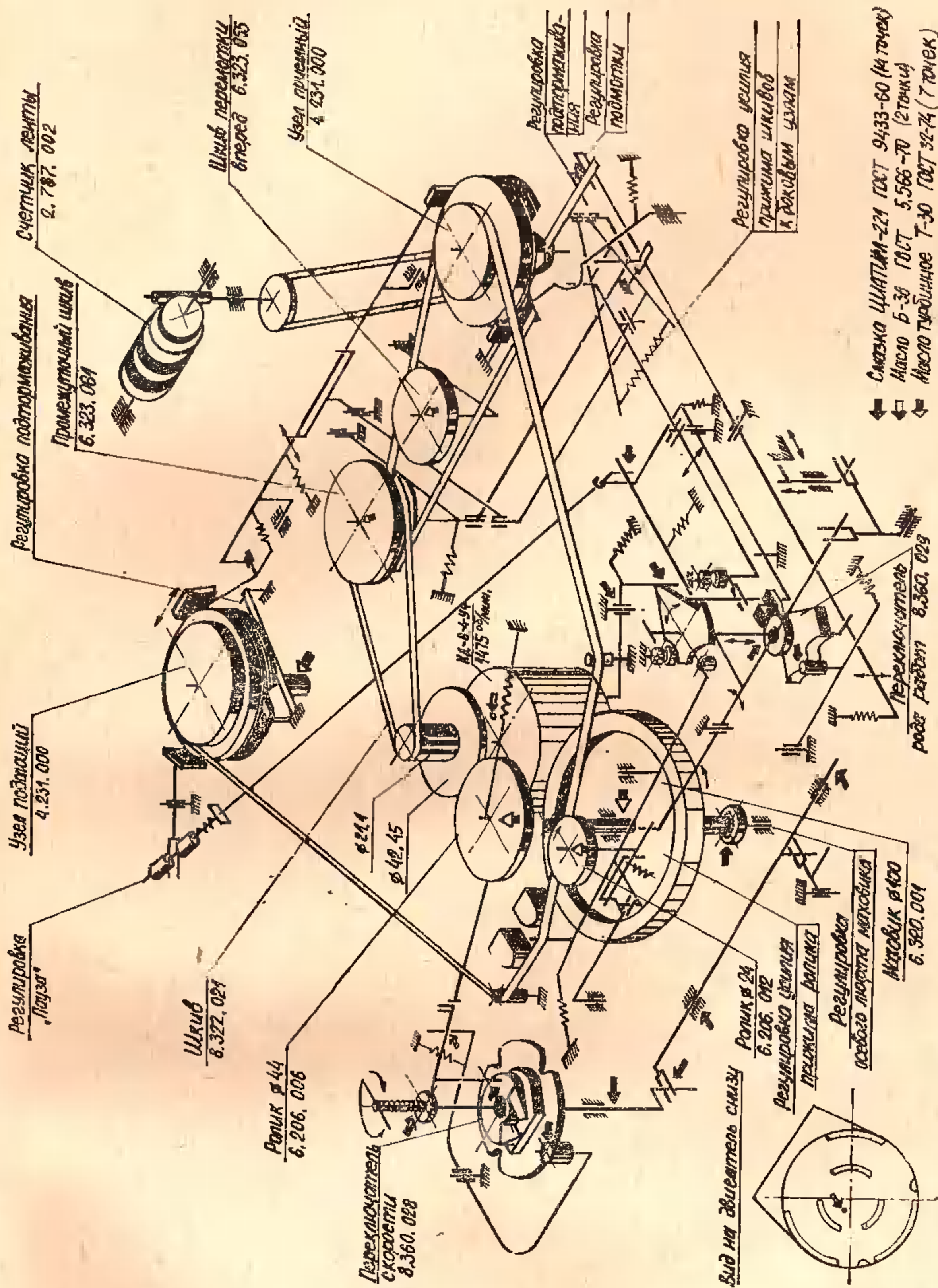


Рис. 31. Кинематическая схема лентопотяжного механизма.



зачеканенный на оси переключателя, приводит в движение систему рычагов промежуточных роликов, верхний плоский рычаг и отводит рычаг механизма «Автостоп».

Верхний рычаг в режиме перемотки отводит магнитную ленту от головок, в режиме воспроизведения подводит несущий рычаг прижимного ролика к ведущему валу, а в режиме записи приводит в движение механизм блокировки записи.

Капроновый кулачок переключателя имеет три впадины. При повороте ручки переключателя кулачок удерживается в одном из выбранных положений с помощью специального подпружиненного рычага с фиксирующим роликом. Ось переключателя проходит сквозь шасси и при нажатии приводит в движение коромысло, закрепленное на нижней стороне шасси. В режимах записи и воспроизведения коромысло подводит к системе рычагов пружинный упор, ограничивая ход промежуточного шкива. Одновременно с этим происходит поджатие пружины приемного узла, благодаря которому усиливается фрикционная связь элементов приемного узла и обеспечивается достаточное натяжение ленты в приемной ветви — подмотке.

В режимах перемотки и при остановке ЛПМ ось переключателя с коромыслом поджаты вверх плоской пружиной. Справа от переключателя рода работ расположен узел включения режима временной остановки ленты. При нажатии кнопки толкатель с системой рычагов отводит прижимной ролик от ведущего вала и одновременно затормаживает подающий узел. Режим «Временная остановка ленты» может быть включен только при режимах записи и воспроизведения. В режиме перемотки толкатель, который затормаживает подающий узел, не взаимодействует с рычагом включения режима временной остановки ленты. В магнитофоне применяется самоустанавливающийся рычаг прижимного ролика. Усилие прижима ролика к ведущему валу обеспечивается витой пружиной, сжатие которой можно регулировать с помощью шайбы и гайки, расположенных на рычаге прижимного ролика.

В левом нижнем углу шасси расположен переключатель скоростей. Ось переключателя вращается во втулке, закрепленной на шасси. На оси переключателя скоростей закреплены двухпрофильный пластмассовый кулачок, связанный кинематически с комбинированным рычагом переключения коррекции, и подпружиненный рычаг с фиксирующим роликом и поводком, который при повороте ручки переключателя устанавливает кулачок и рычаг привод-



ного ролика в положение, соответствующее выбранной скорости.

На шасси с помощью проходных резиновых амортизаторов укреплен электродвигатель с двухступенчатым шкивом на оси, зафиксированным двумя винтами. Между шкивом и маховиком расположен приводной ролик. Одновременно с включением электросети приводной ролик выводится из зацепления со шкивом электродвигателя и маховиком ведущего вала.

Планка оси приводного ролика связана с шасси пружиной, которая при включении рабочего хода обеспечивает фрикционную связь шкива электродвигателя с маховиком. Передача вращения от двигателя к промежуточному шкиву осуществляется эластичным пасиком квадратного сечения.

В правом верхнем углу установлен приемный боковой узел, который крепится непосредственно к шасси с помощью трех винтов. Узел состоит из ведущей и ведомой частей, связанных между собой посредством фрикционной пары. Эту пару образуют в ведомой части гетинаксовая шайба и фетровое кольцо, вложенное в диск ведущей части узла. Передача вращения от ведущего шкива к ведущей части узла в режиме пуска осуществляется пасиком квадратного сечения. К ведомой части вращение передается посредством фрикционной пары. Фрикционный момент создается плоской пружиной, расположенной в нижней части узла. Регулировка фрикционного момента производится винтом коромысла, расположенного на нижней стороне шасси.

Ведомая часть представляет собой фрикционную муфту, состоящую из двух дисков и фиксатора. Между дисками вложено фетровое кольцо. Фрикционный момент 0,15 Нм регулируется поворотом трехлучевой пружины по ступенчатому кольцу диска. Регулировка производится при сборке узла. Ведомая часть соединена пасиком с промежуточным шкивом для привода индикатора расхода ленты.

Фрикционная пара между ведомой и ведущей частями в режиме «Перемотка назад» создает натяжение ленты на приемном узле. Регулировка фрикционного момента производится поджатием плоской пружины при помощи винта, расположенного на нижней стороне шасси. В режиме «Перемотка вперед» ведомая часть узла непосредственно взаимодействует с промежуточным шкивом через шкив перемотки вперед. В режимах «Перемотка назад» и «Стоп» промежуточный шкив кинематически не связан с ведомой



частью приемного узла. В режиме «Стоп» ведомая часть узла заторможена. Фрикционная связь в приемном узле регулируется при настройке ЛПМ.

В левом верхнем углу ЛПМ расположен подающий боковой узел. Его конструкция аналогична приемному боковому узлу. Нижний диск узла зафиксирован выступом шасси и приводится во вращение резиновым кольцом промежуточного шкива.

Для остановки ленты в режиме «Стоп» и устранения петлеобразования при переключении рода работ механизма применяется дифференциальное тормозное устройство с подвижным левым тормозом. Дополнительный тормоз приемного узла затормаживает ведомую часть правого узла при включении режима «Стоп» с режимов «Перемотка вперед» и «Пуск».

В магнитофоне установлены две унифицированные двухканальные магнитные головки: ГУ и ГС. Установочные элементы позволяют регулировать положение головок относительно ленты как по высоте, так и по наклону в двух плоскостях. ГУ помещена в пермаллоевый экран. Переключение дорожек в режиме «Моно» и заключение режима «Стерео» осуществляется кнопочным переключателем типа П2К, установленным на плате ГСП. Выводы ГУ и ГС распаяны на монтажную колодку.

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ, РЕГУЛИРОВКЕ И РЕМОНТУ МАГНИТОФОНОВ**

Основными причинами неисправностей в радиоаппаратуре обычно являются механические повреждения, приводящие к обрывам цепей, короткому замыканию, понижению сопротивления изоляции между печатными проводниками, касание между элементами, разрывы дорожек, неисправность отдельных элементов схемы и др.

Для определения неисправностей применяются методы *внешнего осмотра, измерений, исключения или замены.*

Метод внешнего осмотра может быть использован для отыскания неисправностей, вызванных обрывом проводов или печатных дорожек, механическими повреждениями элементов. При этом методе осматривают монтаж, проверяют, нет ли механических повреждений, не замыкаются ли элементы схемы между собой, нет ли подгоревших элементов, правильно ли установлены полупроводниковые элементы, не загрязнились ли рабочие поверхности магнитных головок и нет ли перегрева резисторов, транзисторов и трансфор-



**Режим транзисторов по постоянному напряжению  
(измерение в режиме «Стоп»)**

Обозначение по схеме	Тип транзистора	Напряжение, В		
		Э	К	Б
Усилитель универсальный				
V1	КТ3107Ж	— 0,01	— 1,4	— 0,61
V2	КТ3107Ж	— 0,74	— 4,5	— 1,38
V3	КТ3107В	— 3,9	— 4,8	— 4,5
V4	КТ3107В	—13,0	—18,7	—13,0
V5	КТ3107В	— 0,17	—10,6	— 0,8
Усилитель мощности				
V1	КТ3107В	— 0,23	— 4,5	— 0,9
V2	КТ3107В	— 1,2	— 2,8	— 1,56
V3	КТ502Г	— 2,5	—20,6	— 2,8
V4	КТ3107В	—21,5	—17,0	—21,5
V5	КТ502Г	—17,5	—41,0	—21,2
V6	КТ503Г	—21,5	— 0,38	—20,6
V7	КТ816В	—21,5	—41,5	—22,5
V8	КТ816В	—0,65	—21,5	—0,35
Генератор токов стирания и подмагничивания				
V1	КТ502В	—0,65	—13,65	—5,4
V2	КТ502В	—0,65	—13,85	—5,4
Плата соединений				
V1	КТ3107В	—5,2	—19,5	—10,8
V4	КТ3107В	—5,2	—19,5	—10,8

маторов, прочны ли пайки, нет ли перемычек между печатными проводниками или разрыва печатных проводников.

**Метод измерений** применяют в том случае, если в результате внешнего осмотра неисправность не была обнаружена. Измерение следует начать с тех цепей, в которых предполагается неисправность, а затем проверить режимы последовательно от входа к выходу. В качестве примера рассмотрим метод измерений режимов магнитофона «Юпитер-203-стерео».

Если измеренное напряжение отличается от указанного больше чем на  $\pm 20\%$ , то неисправность следует искать в цепях, связанных с той точкой, на которой напряжение отличается от нужного значения.

**Метод исключения** состоит в последовательном исклю-



чении каскадов или элементов, в которых предполагается неисправность.

Метод замены заключается в поочередной замене элементов схемы, которые вызывают сомнение, исправными элементами.

Качество работы магнитофона проверяют:

— при измерении детонации воспроизведением измерительной ленты с записью частоты 3150 Гц. Отсутствие изменений тональности сигнала говорит о том, что коэффициент детонации менее 0,5%;

— при осуществлении контроля скорости движения магнитной пленки с помощью мерного отрезка пленки (длиной 953 см для скорости 9,53 см/с) и секундомера. На пленке в начале и в конце мерного участка ставятся ракордные метки. Время измерения — 100 с;

— при определении выходной мощности на зажимах громкоговорителя при воспроизведении участка монтажной пленки с записью частоты 400 Гц по формуле:

$$P = \frac{U^2}{Z},$$

где:  $P$  — выходная мощность в Вт,  $U$  — напряжение на зажимах громкоговорителя,  $Z$  — полное сопротивление звуковой катушки громкоговорителя на частоте 400 Гц.

### Указания по смазке

**Смазка магнитофона.** Лентопротяжный механизм магнитофона нуждается в периодической чистке и смазке. Смазку электродвигателя следует производить маслом Б-38 ГОСТ 5.566-70. Подшипники скольжения, находящиеся во втулке ведущего вала, прижимном ролике, промежуточном шкиве, ролике переключателя скоростей, шкиве привода счетчика, приемном и подающем узлах смазывают через каждые 1000 часов работы.

Перед проведением смазки магнитофоны устанавливаются в горизонтальном положении, снимают верхнюю половину панели (для этого отворачивают четыре винта, расположенные по углам панели и под боковыми узлами). Перед смазкой удаляют фланелевым тампоном пыль и остатки старой смазки.

Для смазки боковых узлов снимают сначала резиновый вкладыш, отвернув три винта, потом фиксатор, отвинчивают ось-винт и снимают верхнюю муфту, гетинаксовый и фетровый вкладыши. Вводят 2—3 капли масла в зазор

## Перечень неисправностей, их вероятных причин, методов их обнаружения и устранения

Неисправность	Вероятная причина	Метод обнаружения	Метод устранения
1	2	3	4
1. При включении в сеть не горят сигнальные лампы, вращающийся вал не вращается	а) перегорел сетевой предохранитель б) неисправен шнур питания; штепсельная вилка или сетевой разъем на шасси ЛПМ	а) метод внешнего осмотра и метод «прозвонки» б) метод внешнего осмотра и метод «прозвонки»	а) заменить предохранитель б) проверить исправность шнура питания, сетевой вилки и сетевого разъема, при необходимости заменить
2. При включении в сеть горят сигнальные лампы, вращающийся вал не вращается	а) неисправен электродвигатель б) обрыв провода, идущего к электродвигателю в) отсутствие контакта в контактной группе 01 или контактах реле К1	а) метод внешнего осмотра и метод измерения сопротивления обмоток по стоянному току б) метод внешнего осмотра и метод «прозвонки» в) метод «прозвонки»	а) заменить электродвигатель б) заменить или подпаять провод в) восстановить контакт
3. Не горит одна или обе сигнальные лампы, вращающийся вал вращается	а) перегорела одна или обе сигнальные лампы Н1, Н2 б) нет электрического контакта в патроне сигнальной лампы	а) метод внешнего осмотра или метод «прозвонки» б) метод внешнего осмотра	а) заменить лампу (ламп) б) отрегулировать контакты в патроне



1	2	3	4
4. При воспроизведении отсутствует звук, стрелка индикатора уровня записи отклоняется	<p>а) перегорел предохранитель питания УМ (F<sub>3</sub> или F<sub>4</sub>), расположенный на блоке питания</p> <p>б) неисправен УМ</p> <p>в) обрыв катушки громкоговорителя</p> <p>г) нет контакта в переключателе (внутренние громкоговорители — выносная акустическая система)</p>	<p>а) метод внешнего осмотра или метод «прозвонки»</p> <p>б) метод измерения режимов по постоянному току</p> <p>в) метод «прозвонки»</p> <p>г) метод внешнего осмотра</p>	<p>а) заменить предохранитель</p> <p>б) заменить неисправный элемент схемы УМ</p> <p>в) заменить громкоговоритель</p> <p>г) прочистить и промыть спиртом контакты</p>
5. При воспроизведении отсутствуют ВЧ	<p>а) загрязнена рабочая поверхность ГУ</p> <p>б) изношена ГУ</p> <p>в) нарушен наклон ГУ</p>	<p>а) метод внешнего осмотра</p> <p>б) метод внешнего осмотра</p> <p>в) метод контроля на экране ЭО при воспроизведении ленты 6ЛИТ4. ЧВН</p> <p>а) метод внешнего осмотра</p>	<p>а) протереть рабочую поверхность ГУ спиртом</p> <p>б) заменить ГУ</p> <p>в) регулировочным винтом установить допустимый наклон ГУ</p> <p>а) правильно заправить ленту</p>
6. Тихое звучание записи, отсутствуют ВЧ	<p>а) лента проходит по головкам (ГУ и ГС) нерабочим слоем</p>	<p>а) метод внешнего осмотра</p>	<p>а) правильно заправить ленту</p>
7. Малый уровень неискаженной мощности	<p>а) разбалансирован УМ</p>	<p>а) метод контроля на экране ЭО при воспроизведении ленты 6ЛИТ4. V. 9—250</p>	<p>а) переменным резистором А4R13(А5R13) сбалансировать УМ</p>
8. Запись искажена	<p>а) слишком большой уровень сигнала при записи</p>	<p>а) метод внешнего осмотра</p>	<p>а) производить запись при меньших отклонениях стрелки индикатора уровня записи</p>

9	Не отклоняется стрелка индикатора уровня записи в режиме «Запись», («Воспроизведение»), контрольное прослушивание имеется	а) неисправен индикатор б) неисправна схема индикации уровня записи (воспроизведения)	а) метод внешнего осмотра и метод измерения сопротивления б) измерение режима транзистора А2У1 (А2У4) «прозвонкой» цепи подачи сигнала, «прозвонкой» диодов	а) заменить индикатор б) устранить неисправность, заменить транзистор, диод
10	Отсутствует запись, стрелка индикатора уровня записи в режиме «Запись» отклоняется	а) обрыв в цепи ГУ б) неисправна ГУ	а) метод внешнего осмотра и метод «прозвонки» б) метод «прозвонки»	а) устранить неисправность б) заменить ГУ.
11	Отсутствует запись, стрелка индикатора уровня записи в режиме «Запись» отклоняется	а) неисправен УУ	а) метод внешнего осмотра и метод измерения режима УУ по постоянному току	а) заменить неисправный элемент схемы УУ
12	Тихое воспроизведение	а) загрязнена рабочая поверхность ГУ б) лента неплотно прилегает к рабочей поверхности ГУ в) неисправен УМ г) износ ГУ	а) метод внешнего осмотра б) метод внешнего осмотра в) метод измерения режима УМ по постоянному току	а) протереть рабочую поверхность ГУ фланелью, смоченной в спирте б) отрегулировать прижим ленты в) заменить неисправный элемент схемы УМ г) заменить ГУ
13	Отсутствует стирание; слабое стирание	а) загрязнение ГС	а) метод внешнего осмотра	а) протереть рабочую поверхность ГС фланелью, смоченной в спирте



1	2	3	4
14. При воспроизведении слышен фон переменного тока	б) малый ток стирания  в) неисправна ГС  г) ГС не выставлена по вы- соте относительно маг- нитной ленты	в) метод внешнего осмотра и метод «прозвонки» г) метод внешнего осмотра	б) уменьшить величину сопро- тивления резистора AIR5 до получения на резисторе 1 Ом напряжения 100 мВ в) заменить ГС г) выставить ГС
15. При воспроизведении возбуждается УУ	а) большая утечка у элект- ролитического конденса- тора С7 б) плохо стянут силовой трансформатор Т1 в) обрыв земляных прово- дов	а) метод измерения тока утечки б) метод внешнего осмотра в) метод внешнего осмотра	а) заменить конденсатор б) стянуть силовой трансфор- матор в) подпаять провода
16. Большой уровень шумов на линейном выходе	а) окислились контакты пе- реключателя А1S1 (А3S1)  б) неисправны элементы схемы УУ  а) большие шумы трансис- тора А1У1 (А3У1)  б) неисправен фильтр в блоке питания	а) метод внешнего осмотра б) метод измерения режи- мов радиоэлементов УУ в) измерение напряжения шумов на линейном вы- ходе г) измерение режимов по постоянному току	а) промыть контакты переключателя спиртом б) заменить неисправный элемент схемы УУ в) заменить транзистор г) заменить неисправный элемент в блоке питания

17. При воспроизведении прослушиваются хрипы	а) касание между элементами на платах УУ и УМ б) некачественные (лсж-ные) пайки элементов на платах УУ и УМ	а) метод внешнего осмотра б) метод внешнего осмотра и метод «прозвонки»	а) устранить замыкание между элементами б) прогреть горячим паяльником места паяк радиоэлементов
18. Нет записи со входа	а) обрыв выходного провода б) вышел из строя входной делитель в) нет контакта во входном разъеме	а) метод внешнего осмотра б) метод внешнего осмотра и метод измерения сопротивления в) метод внешнего осмотра и метод «прозвонки»	а) подпаять провод б) заменить неисправный резистор делителя
19. Не срабатывает схема автостопа в случае обрыва ленты или окончание ее на подающей катушке	а) неисправна схема автостопа	а) метод измерения сопротивления и метод «прозвонки»	а) отрегулировать контакт в разъеме или заменить разъем
20. Не прослушивается сигнал на громкоговорителе в режиме «Усилитель»	а) нет контакта во входном разъеме б) обрыв входного провода в) вышел из строя входной делитель	а) метод внешнего осмотра б) метод внешнего осмотра и метод измерения сопротивления	а) отрегулировать контакт разъема или заменить разъем б) подпаять провод в) заменить неисправный резистор делителя
Механическая часть			
1. «Плавание» звука (детонация), изменение скорости движения ленты ТУ	а) попадание смазки на поверхность ведущего вала, прижимного ролика, ролика переключателя скоростей, поверхность маховика	а) метод внешнего осмотра	а) протереть поверхность тампоном, смоченным в спирте



1	2	3	4
б) недостаточный прижим прижимного ролика к поверхности ведущего вала	б) метод внешнего осмотра и измерения усилия прижима	б) поворотом гайки поджать пружину прижимного ролика до получения усилия около 8 Н	
в) затирание оси ведущего вала в подшипниках скольжения	в) метод внешнего осмотра	в) разобрать узел, протереть поверхность оси тампоном, смоченным в спирте, и смазать подшипники маслом	индустриальным 20А ГОСТ 20799-75
г) затирание оси приводного ролика в подшипниках скольжения	г) метод внешнего осмотра	г) разобрать узел, протереть поверхность оси тампоном, смоченным в спирте, и смазать подшипники маслом	индустриальным 20А ГОСТ 20799-75
д) неравномерный износ резины рабочей поверхности приводного ролика	д) метод внешнего осмотра	д) выполнить требования пункта «г», заменить приводной ролик	
е) неравномерное вращение подающего узла; затирание подшипников диска на оси	е) метод внешнего осмотра	е) разобрать узел (кроме верхней муфты), протереть ось тампоном, смоченным в спирте, и смазать подшипники маслом	индустриальным 20А ГОСТ 20799-75
ж) неравномерный износ фрикционной пары	ж) метод внешнего осмотра	ж) промыть войлочное кольцо в бензине А-70 и просушить	заменить фрикционный элемент

	н) большое усилие подтор- маживания	и) метод внешнего осмотра и метод измерения уси- лия подтормаживания	и) регулировочным винтом установить усилие подтор- маживания около 0,3Н
2. Неравномерное вращение приемного узла в режиме «Пуск» (перемотка нор- мальная)	а) затирание оси приемного узла в подшипниках скольжения верхнего и нижнего диска	а) метод внешнего осмотра	а) выполнить требования пун- кта 1 «г»
	б) износ фрикционной пары	б) метод внешнего осмотра	б) промыть войлочное кольцо в бензине А-70 и просушить, при большом износе заме- нить
	в) изменение усилия при- жимной пружины фрик- ционной пары	в) метод внешнего осмотра	в) поджать пружину регулиро- вочным винтом коромысла, отрегулировать усилия под- мотки до $\approx 0,8$ Н
3. В режиме «Пуск» нет подмотки, в режиме «Пе- ремотка назад» нет под- тормаживания	а) обрыв пасика приемного узла	а) метод внешнего осмотра	а) заменить пасик
4. В режимах «Пуск», «Пе- ремотка вперед», «Пере- мотка назад» лента не движется	а) обрыв пасика двигателя б) неисправен электродвига- тель, обрыв провода в цепи питания электро- двигателя	а) метод внешнего осмотра б) метод внешнего осмотра и метод измерения со- противления	а) заменить пасик б) заменить оборванный про- вод в цепи питания электро- двигателя, заменить элект- родвигатель
5. Рыхлая намотка в режи- ме «Перемотка назад»	а) износ фрикциона прием- ного узла	а) метод внешнего осмотра и измерением усилия подтормаживания	а) поджать пружину регулиро- вочным винтом, установлен- ным на шасси ЛПМ, до по- лучения усилия подторма- живания $\approx 0,4$ Н, при боль- шом износе заменить фрик- ционный элемент



1	2	3	4
6. Рыхлая намотка в режиме «Перемотка вперед»	а) износ фрикциона подающего узла	а) метод внешнего осмотра и измерением усилия подтормаживания	а) поджать пружину регулировочным винтом до получения усилия подтормаживания $\approx 0,3$ Н, при большом износе заменить фрикционный элемент
7. Остановка ленты в режиме «Пуск»	а) заклинивание оси прижимного ролика в подшипнике скольжения  б) заклинивание ведущего вала в подшипниках	а) метод внешнего осмотра  б) метод внешнего осмотра	а) снять ролик, протереть поверхность оси тампоном, смоченным в спирте, смазать подшипник маслом индустриальным 20А ГОСТ 20799-75  б) снять ведущий вал, протереть поверхность тампоном, смоченным в спирте, подшипники смазать индустриальным маслом 20А ГОСТ 20799-75
8. Остановка ленты в конце перемотки	а) износ фрикциона верхней муфты	а) метод внешнего осмотра и измерением момента	а) снять верхнюю муфту, воротом трехлучевой пружины отрегулировать прижим, при большом износе заменить фрикцион
9. Не работает индикатор расхода ленты	а) обрыв пасика индикатора расхода ленты б) неисправен индикатор расхода ленты	а) метод внешнего осмотра б) метод внешнего осмотра	а) заменить пасик б) заменить индикатор расхода ленты

между подшипником диска и осью. Собирают узел, не допуская попадания масла на фетровый и гетинаксовый вкладыши.

Для смазки ведущего вала вводят 2—3 капли масла в зазор между ведущим валом и втулкой или в отверстие втулки.

Для смазки прижимного ролика, приводного ролика скорости, промежуточного шкива, шкива перемотки вперед и шкива привода счетчика капают 1—2 капли масла на их оси. При этом производят проворачивание смазываемых пар.

Для смазки верхнего подшипника двигателя отворачивают два винта и снимают шкив-насадку. Вводят 10—20 капель масла в отверстие корпуса.

Для смазки нижнего подшипника двигателя снимают заднюю крышку, отвернув четыре винта. Потом через вентиляционные отверстия вводят 10—20 капель масла в отверстие нижней части корпуса двигателя, наклонив магнитофон вперед.

Не допускается попадание смазки на резиновые детали, рабочие поверхности ведущего вала, маховика, шкива электродвигателя, приемного и подающего узлов.

## **ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ**

### **Первичные химические источники тока**

Первичные химические источники тока преобразуют химическую энергию активных веществ в электрическую. К ним относятся гальванические элементы различных систем и составленные из них батареи. Первичные источники тока допускают лишь одноразовое использование активных материалов.

### **Основные параметры первичных химических источников тока**

Электродвижущая сила (ЭДС) — разность потенциалов электродов источника тока, при наличии которой в цепи проходит электрический ток; ЭДС определяется химическими свойствами активных материалов (электролита и электродов) и не зависит от размеров источника тока и от температуры. Только при температуре, близкой к замерзанию электролита, ЭДС резко снижается. Свойства



гальванического элемента восстанавливаются после оттаивания электролита.

**Напряжение элемента** (или батареи) измеряется при замкнутой внешней цепи, т. е. под нагрузкой, зависит от ЭДС ( $E$ ), внутреннего сопротивления элемента или батареи  $R_{вн}$  и тока нагрузки  $I_n$ . При разрядке элемента или батареи различают начальное, среднее и конечное напряжения. Среднее определяется по разрядным кривым (зависимостям напряжения при разряде от времени), конечное зависит от свойств элемента и условий эксплуатации.

**Внутреннее сопротивление элемента** складывается из сопротивлений электролита, электродов и сепараторов (прокладки между электродами). Чем меньше внутреннее сопротивление элемента, тем больше ток разряда при заданном напряжении на нагрузке.

**Разрядная емкость** — количество электричества, которое можно получить от элемента при определенных (заданных) условиях его работы: температуре, токе разряда и конечном напряжении.

**Саморазряд элемента** — потеря емкости, обусловленная самопроизвольными процессами при разомкнутой внешней цепи (ГОСТ 15596-70). При повышении температуры окружающей среды саморазряд ускоряется.

**Сохранность** (срок хранения) элементов — время, на протяжении которого элемент сохраняет определенную часть номинальной емкости.

Наиболее распространенными сухими элементами являются марганцево-цинковые. Положительным электродом марганцево-цинковых элементов служит двуокись марганца, отрицательным — металлический цинк. Электролит состоит из раствора соли (хлористого аммония) или щелочи (едкого кали). Для повышения устойчивости работы при определенных температурах, уменьшения саморазряда элемента, а также загущения электролита в него вводят добавки (сулема, мука, крахмал и др.).

Разновидностью марганцево-цинковых элементов являются воздушно-марганцево-цинковые элементы, в которых активным веществом положительного электрода служит как двуокись марганца, так и кислород воздуха.

Марганцево-цинковые элементы отличаются низкой стоимостью, возможностью использования в широком интервале температур, малым внутренним сопротивлением и удовлетворительной сохранностью. В марганцево-цинковом элементе ЭДС находится в пределах 1,5...1,8 В, внутреннее сопротивление в зависимости от размеров его и сте-



пени разряда может изменяться от 0,1 до 10 Ом. Емкость этих элементов зависит от силы тока разряда и температуры электролита. При увеличении силы тока разрядная емкость уменьшается, а с повышением температуры электролита — сначала увеличивается, а затем уменьшается. Основные параметры элементов и батарей приведены в таблице 4.

Для марганцево-цинковых элементов и батарей применяют цифровые обозначения. Первые две цифры характеризуют габаритные размеры и электрохимическую систему. Воздушно-марганцево-цинковые элементы и батареи любой конструкции обозначают числами от 011 до 09, марганцево-цинковые стаканчиковые прямоугольной формы — от 10 до 19, стаканчиковые цилиндрические — от 20 до 49, галетные батареи — от 50 до 79. Перед цифровым обозначением элементов и батарей со щелочным электролитом ставят букву А, в обозначении типа элемента с солевым электролитом буквенный индекс отсутствует. Конкретные значения цифр в указанных пределах — это шифры ширины, длины (или диаметра), третья цифра — шифр высоты элемента.

Обозначение типа батареи при последовательном соединении элементов составляется из цифры, соответствующей числу элементов в батарее, и обозначения типа элемента. При параллельном соединении число элементов указывается через тире после обозначения типа элемента. Некоторые батареи, например «Крона-ВЦ» (воздушно-марганцево-цинковая система), не имеют цифрового условного обозначения. Батареи старых разработок маркируют, указывая электрохимическую систему, конструкцию, назначение и емкость.

Марганцево-цинковые элементы с солевым электролитом изготавливаются двух конструкций — стаканчиковой и галетной. Галетные элементы и батареи имеют в два-три раза большие удельные емкости (по массе и объему), чем стаканчиковые. Конструкция стаканчиковых марганцево-цинковых элементов подобна конструкции воздушно-марганцево-цинковых элементов. Во время работы эти отверстия должны быть открыты для поглощения кислорода из воздуха, при хранении — закрыты пробками.

Марганцево-цинковые элементы со щелочным электролитом имеют форму диска и изготавливаются герметичными. Они отличаются более постоянным напряжением в процессе разряда, лучшей сохранностью по сравнению с элементами, имеющими солевой электролит.



Таблица 4

## Основные параметры марганцево-цинковых элементов и батарей

Тип	Напряжение в начале разряда, В	Гарантийный срок хранения, мес.	Режим разряда непрерывный			
			Продолжитель- ность работы, ч		Сопротивление нагрузки, Ом	Конечное напряжение, В
			До хра- нения	После хранения		
283	1,48	3	10	8	200	1,0
286	1,48	3	20	16	200	1,0
314	1,52	6	38	30	200	1,0
316	1,52	6	60	48	200	1,0
326	1,52	6	100	75	200	1,0
332	1,4	6	6	4,8	15	0,85
336	1,4	6	10	7	55	0,85
343	1,55	12	12	9	20	0,85
373	1,55	12	40	28	20	0,85
374	1,55	12	50	35	20	0,85
376	1,55	12	65	45	20	0,85
3336Л	3,7	6	2	1,3	10	2,0
3336У	4,1	6	3	2	10	2,0
«Крона- ВЦ»	9,0	—	80	—	900	—
«Рубин- -1»	4,2	—	—	—	—	—

Ртутно-цинковые элементы по конструкции подобны марганцево-цинковым со щелочным электролитом. В ртутно-цинковых элементах ЭДС стабильна в процессе разряда и составляет 1,36...1,364 В (в течение года изменяется всего на 0,2%). Напряжение этих элементов при малых токах разряда изменяется незначительно (на несколько процентов), внутреннее сопротивление больше, чем у марганцево-цинковых элементов. Удельная емкость по объему ртутно-цинковых элементов наиболее высокая по сравнению со всеми применяемыми на практике химическими источниками тока. Однако хранить их можно при температуре не выше чем 30 °С и относительной влажности не более чем 85%. Основным недостатком ртутно-цинковых элементов является потеря электрической емкости при низких температурах.

В условном обозначении ртутно-цинковых элементов буквы РЦ указывают на электрохимическую систему, первая цифра — шифр высоты или номер разработки.



## Вторичные химические источники тока (аккумуляторы)

Вторичные химические источники тока так же, как и первичные, преобразуют химическую энергию в электрическую, однако требуют предварительного заряда, во время которого они аккумулируют электрическую энергию. Заряд аккумулятора (аккумуляторной батареи) с последующим разрядом называется циклом (ГОСТ 15596-70). Число циклов, которое аккумулятор проработал к данному моменту времени, называется наработкой аккумулятора.

Основные параметры аккумуляторов такие же, как и гальванических элементов. Дополнительные — это зарядная емкость, коэффициенты отдачи, сроки службы (годности).

**Зарядная емкость аккумулятора** — количество электричества, поглощенное аккумулятором при заряде (ГОСТ 15596-70).

**Коэффициент отдачи по емкости** равен соотношению разрядной и зарядной емкостей.

**Коэффициент отдачи по энергии** — отношение энергии, полученной аккумулятором за время полного цикла, к энергии, отданной им.

**Срок службы аккумулятора** — наработка, при которой его разрядная емкость уменьшается до определенного нормированного значения.

**Срок годности аккумулятора** — сумма срока хранения и времени эксплуатации, в течение которого наработка аккумулятора достигает срока его службы.

Наиболее широко используются герметичные малогабаритные никелево-кадмиевые аккумуляторы. Они характеризуются почти в полтора раза большей, чем у марганцево-цинковых элементов, удельной емкостью, в два раза большим сроком хранения, значительно меньшим внутренним сопротивлением и большим сроком службы (гарантируется 100...200 циклов). Стоимость одного ватт-часа при использовании никелево-цинковых аккумуляторов по сравнению с марганцево-цинковыми элементами в 100...200 раз меньше.

В полностью заряженном никелево-кадмиевом аккумуляторе ЭДС равна 1,35 В, номинальное напряжение в начале разряда 1,25 В, в конце — 1 В. Дальнейший разряд приводит к резкому сокращению срока службы. Емкость никелево-кадмиевых аккумуляторов уменьшается при понижении температуры окружающей среды. Саморазряд герметичных кадмиево-никелевых аккумуляторов происходит особенно быстро в начале хранения (10% емкости за



сутки). За 30 суток они теряют 20...40% емкости, в течение следующих 30 суток емкость изменяется незначительно.

Условное обозначение типа дисковых аккумуляторов состоит из буквы Д и цифры, указывающей номинальную емкость в ампер-часах. Обозначение типа цилиндрических никелево-кадмиевых аккумуляторов состоит из букв ЦНК или КНГЦ и цифр, указывающих номинальную емкость в ампер-часах, обозначение типа прямоугольных аккумуляторов — букв КНГ или НГК и цифр, указывающих номинальную емкость в ампер-часах. Буква Д в конце обозначения типа некоторых цилиндрических и прямоугольных аккумуляторов указывает на несколько иную форму корпуса, более современный способ герметизации и повышенную способность к работе в условиях длительного режима разряда.

Особенностью эксплуатации герметических дисковых аккумуляторов является необходимость заряда их слабым током, чтобы давление газов внутри корпуса не превышало допустимого. При слишком большом токе так же, как и при чрезмерно длительном заряде, может деформироваться корпус или нарушиться герметизация.

Кроме кадмиево-никелевых широкое распространение имеют серебряно-цинковые аккумуляторы. Положительные электроды серебряно-цинковых аккумуляторов — это пластины, изготовленные из чистого серебра. Отрицательные электроды — пластины, спресованные из смеси окиси цинка и цинкового порошка на токоотводе из серебряной проволоки. Электролит — раствор химически чистого (марка ЧДА) едкого кали (КОН) плотностью 1,4 г/см<sup>3</sup>.

Серебряно-цинковые аккумуляторы характеризуются большой удельной емкостью и очень малым внутренним сопротивлением. В полностью заряженном аккумуляторе ЭДС равна 1,85 В, напряжение в начале разряда 1,8 В, в течение примерно третьей части общего времени разряда снижается до 1,54 В и потом практически не изменяется.

В СССР выпускаются пять основных типов серебряно-цинковых аккумуляторов: СЦК — для коротких режимов разряда (до 1 ч), СЦС — для средних режимов разряда (1...5 ч), СЦД — для продолжительных режимов разряда (10...20 ч), СЦМ — для многократных циклов при средних или длительных режимах разряда, СЦБ — для работы в буферном режиме с малым перепадом напряжения. В условном обозначении типа аккумулятора первые две буквы указывают на серебряно-цинковую систему, третья — на назначение аккумулятора, число — типоразмер аккумулятора — соответствует примерно номинальной емкости.



## Неуправляемые выпрямительные устройства

Выпрямительные устройства (выпрямители) относятся к вторичным источникам электропитания, для которых первичным источником является сеть переменного тока. Они используются для преобразования переменного напряжения питающей сети в постоянное.

Выпрямитель в большинстве случаев состоит из трансформатора, изменяющего напряжение, вентилей, выпрямляющих переменное напряжение, и сглаживающего фильтра.

Основные параметры выпрямителей — напряжение и частота питающей сети и их отклонение от номинальных, полная мощность, потребляемая от сети при нормальной нагрузке, номинальный ток нагрузки и его возможные отклонения от номинального, номинальное выходное напряжение, коэффициент пульсаций выходного напряжения.

Коэффициент пульсаций выходного напряжения ( $K_{по}$ , %) представляет собой отношение двойной амплитуды пульсаций  $2U_m$  к номинальному выходному напряжению  $U_0$ .

Двойная амплитуда пульсаций измеряется как сумма положительной и отрицательной амплитуд полупериодов переменной составляющей выходного напряжения.

Для приемно-усилительных устройств выпрямители чаще всего выполняются со сглаживающим фильтром. Хотя эти выпрямители обладают низким КПД по сравнению с выпрямителями, работающими на индуктивную нагрузку, они позволяют получать меньший коэффициент пульсаций при одинаковых габаритных размерах фильтра. Выпрямители, работающие на емкостную нагрузку, используются для получения выпрямленных напряжений от нескольких вольт до десятков киловольт.

Выпрямители без сглаживающего фильтра применяются сравнительно редко, например для питания реле и в других случаях, когда коэффициент пульсаций выходного напряжения не имеет существенного значения. Однополупериодную (однофазную) схему (рис. 32, а) применяют при выходных мощностях до 5...10 Вт и в том случае, когда не требуется малый коэффициент пульсаций. Частота пульсаций выходного напряжения в данном случае равна частоте питающей сети. Двухполупериодную (двухфазную) схему (рис. 32, б) применяют чаще всего при выходных мощностях до сотен ватт и выходных напряжениях до 400...500 В. Частота пульсаций выпрямленного



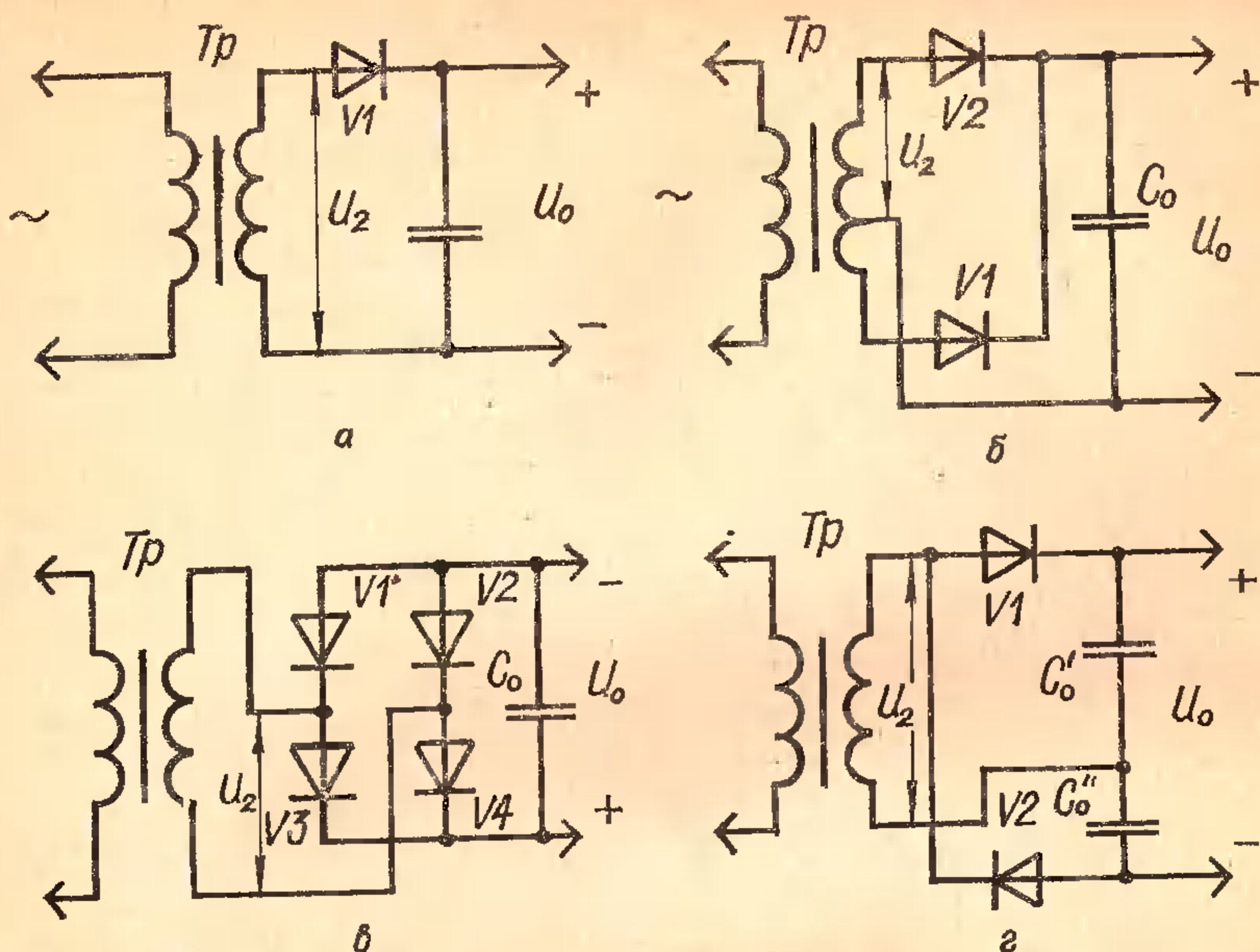


Рис. 32. Схемы выпрямителей: *a* — однополупериодная; *б* — двухполупериодная; *в* — мостовая; *г* — удвоения напряжения.

напряжения при такой схеме в два раза больше частоты питающей сети.

Однофазная мостовая схема (рис. 32, *в*) характеризуется хорошим использованием мощности трансформатора, поэтому ее целесообразно применять при выходных мощностях до 1 000 Вт и больше. Обратное напряжение на вентилях при этой схеме в два раза меньше, чем при одно- и двухполупериодной схемах выпрямителя. Напряжение на вторичной обмотке трансформатора при мостовой схеме примерно в два раза меньше, чем при двухполупериодной со средним выводом обмотки, частота пульсаций такая же.

Симметричную схему с удвоением напряжения (рис. 32, *г*) применяют чаще всего при выходных мощностях до 1 000 Вт и выходных напряжениях выше 500...600 В. При равных выходных значениях  $U_{\text{вых}}$  напряжение на вторичной обмотке трансформатора при схеме удвоения почти в два раза меньше, чем при мостовой. Обратное напряжение на вентилях при данной схеме примерно такое же, как при мостовой, частота пульсаций выходного напряжения в два раза больше частоты питающей сети.

В е н т и л ь представляет собой нелинейный элемент, сопротивление которого в прямом направлении в сотни тысяч раз меньше, чем в обратном. В настоящее время в основном используются полупроводниковые вентили.

С г л а ж и в а ю щ и е ф и л ь т р ы включаются между выпрямителем и нагрузкой для уменьшения пульсаций (переменной составляющей) выпрямленного напряжения. Наиболее часто применяют фильтры, состоящие из дросселя и конденсатора (рис. 33, а) или из резистора и конденсатора (рис. 33, б).

При повышенных токах нагрузки широко применяются Г-образные  $LC$ -фильтры, поскольку падение напряжения постоянного тока на них можно сделать сравнительно небольшим. Коэффициент полезного действия фильтров достаточно высокий. Недостатками фильтров являются сравнительно большие габаритные размеры и масса, наличие магнитного поля рассеяния. Кроме того, они не ослабляют медленных колебаний выпрямленного напряжения.

При малых токах нагрузки (менее 10...15 мА) и небольших заданных коэффициентах сглаживания целесообразно применять Г-образные  $RC$ -фильтры. Достоинствами этих фильтров являются малые габаритные размеры и масса, низкая стоимость. При расчете этих фильтров произведение  $RC$  определяют по формуле:

$$RC = 1,5 \cdot 10^5 \cdot \frac{3}{f},$$

где  $R$  — сопротивление (Ом),  $C$  — емкость (мкФ),  $f$  — частота (Гц). Сопротивление резистора выбирают, исходя из допустимого падения напряжения постоянного тока на фильтре.

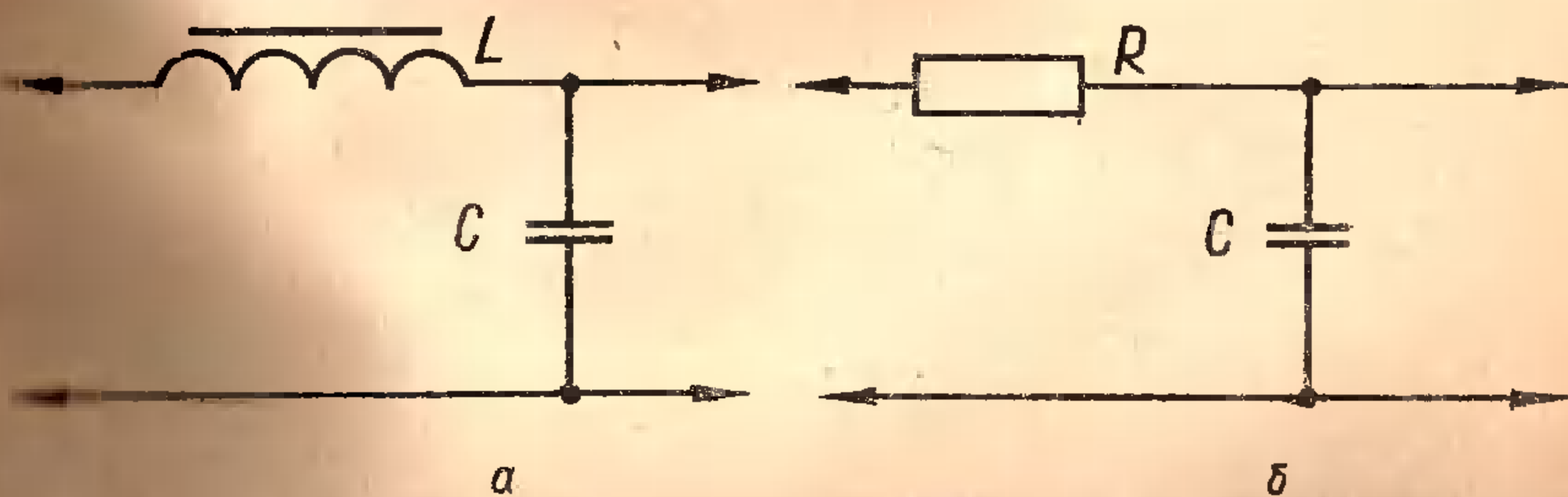


Рис. 33. Схемы сглаживающих фильтров: а —  $LC$ -фильтр; б —  $RC$ -фильтр.



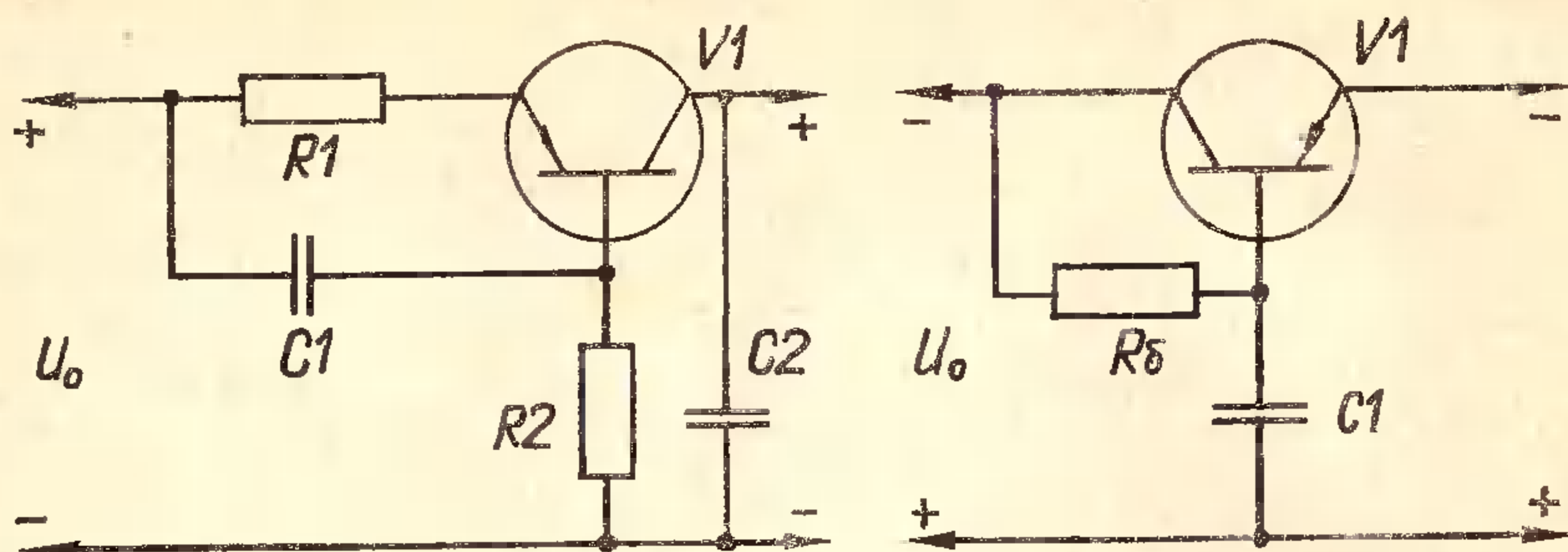


Рис. 34. Схемы сглаживающих фильтров на транзисторах.

Сравнительно большим КПД и коэффициентом сглаживания характеризуются фильтры на транзисторах. Их действие основано на том, что сопротивление транзистора между эмиттером и коллектором для переменной составляющей выпрямленного тока во много раз больше, чем для постоянной. Схемы фильтров на транзисторах приведены на рис. 34.

### Стабилизаторы напряжения

Основными параметрами стабилизаторов напряжения являются:

**Коэффициент стабилизации напряжения** — величина, показывающая, во сколько раз относительное изменение напряжения на выходе меньше, чем на входе (при постоянном токе нагрузки):

$$K_{\text{ст}} = \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}} : \frac{\Delta U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}}},$$

где  $\Delta U_{\text{вх}}$  и  $\Delta U_{\text{вых}}$  — изменения напряжений на входе и выходе стабилизатора,  $U_{\text{вх}}$  и  $U_{\text{вых}}$  — напряжение на входе и выходе стабилизатора.

**Коэффициент полезного действия** — отношение мощности на выходе стабилизатора к мощности на входе.

**Выходное сопротивление** — сопротивление стабилизатора переменному току со стороны выхода. Чем меньше сопротивление, тем слабее связь между каскадами через источник питания этих каскадов.

**Коэффициент сглаживания пульсаций** — отношение напряжений пульсаций на входе стабилизатора и на выходе. Для некоторых стабилизаторов коэффициент сглаживания

пульсаций примерно равен коэффициенту стабилизации напряжения.

Наиболее простые стабилизаторы полупроводниковые параметрические (ППС). Они характеризуются сравнительно небольшими коэффициентами стабилизации, большим выходным сопротивлением (единицы и десятки Ом), низким КПД. В таких стабилизаторах невозможно получить точное значение напряжения на выходе и регулировать его.

Принцип работы ППС основан на использовании нелинейности вольт-амперной характеристики кремниевых стабилитронов. Простейший ППС представляет собой делитель напряжений, состоящий из резистора и кремниевого стабилизатора (КС). Нагрузка подключается к КС. Для термокомпенсации изменений напряжения на стабилизаторе и, следовательно, на нагрузке последовательно КС включают полупроводниковые диоды в прямом направлении (рис. 35).

Систему автоматического регулирования, в которой с заданной точностью поддерживается постоянное напряжение на выходе независимо от изменения входного напряжения и тока нагрузки, представляют собой транзисторные компенсационные стабилизаторы напряжения (ТКСН). Они могут стабилизировать напряжение при больших токах нагрузки, чем параметрические, и отличаются большим коэффициентом стабилизации и меньшим выходным сопротивлением.

Схема простейшего ТКСН приведена на рис. 36. Последовательно с нагрузкой включен регулирующий тран-

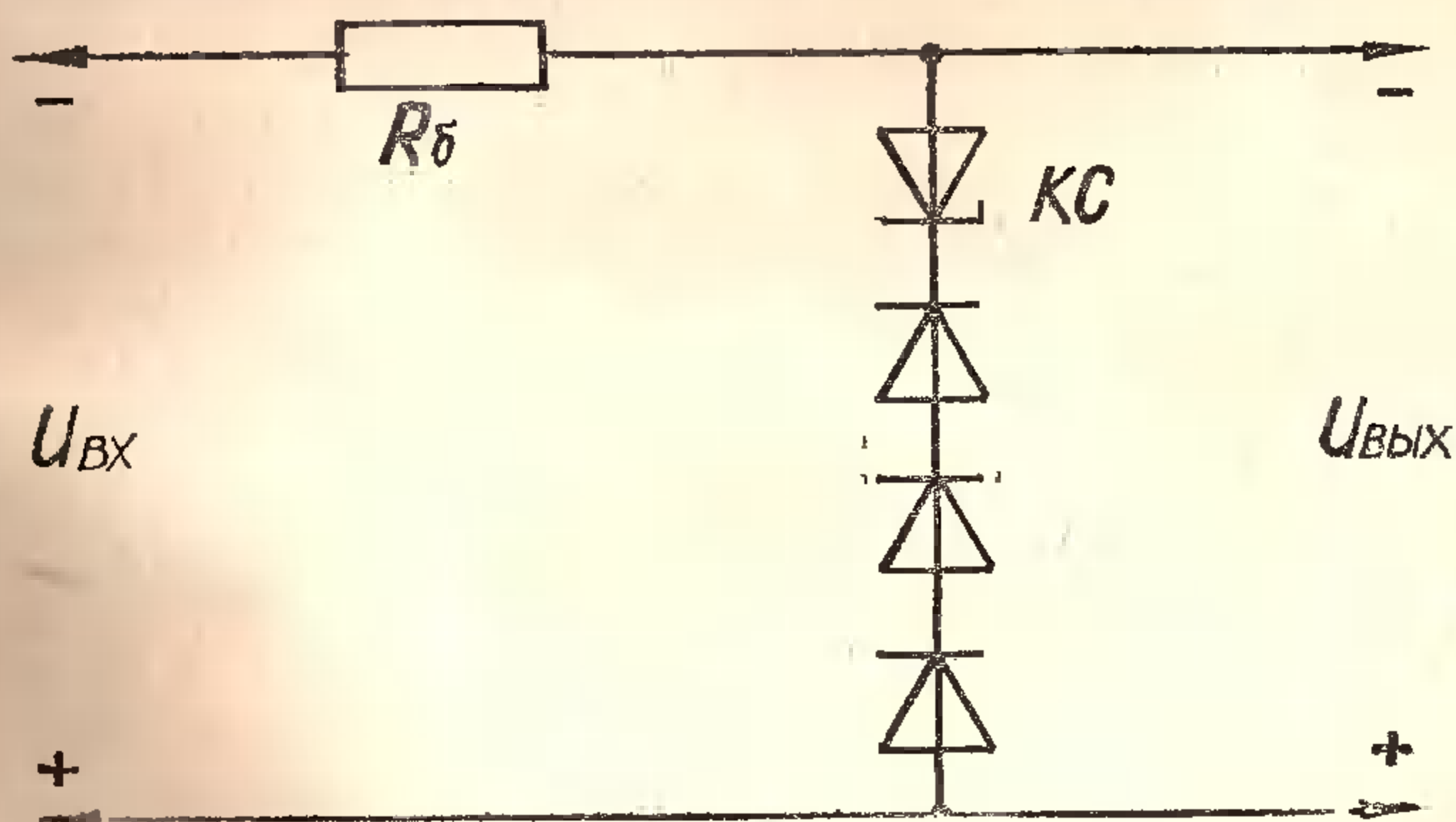


Рис. 35. Схема параметрического полупроводникового однокаскадного стабилизатора напряжения.



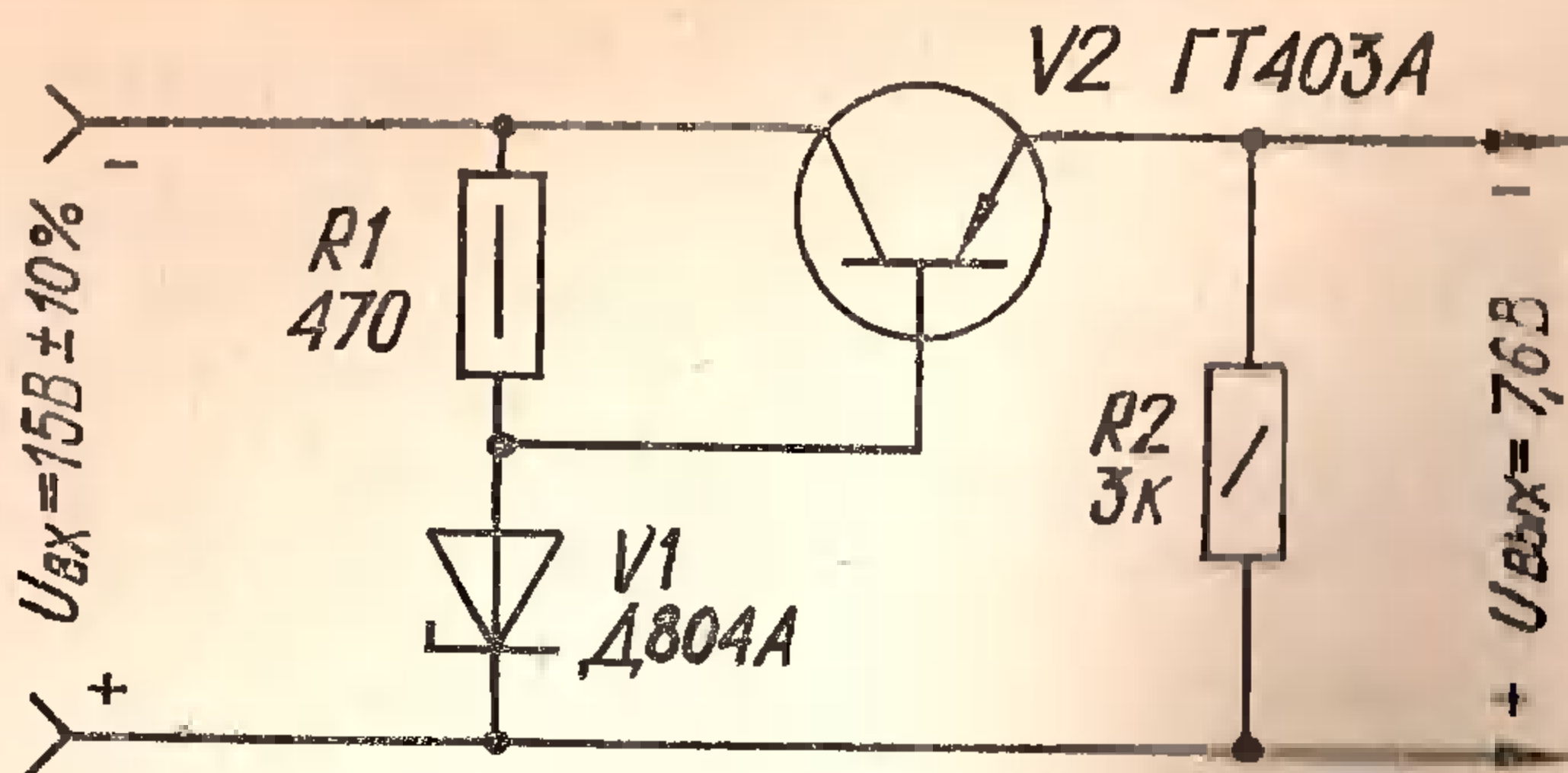


Рис. 36. Схема ТКСН без усилителя обратной связи с одним КС.

зистор  $V 2$ . Постоянное напряжение на базе транзистора поддерживается с помощью простейшего ППС на стабилитроне  $V 1$ . При изменении  $U_{вх}$  изменяется  $U_{нап}$  и, следовательно, напряжение на эмиттере  $V 2$ . В результате изменяется падение напряжения на участке эмиттер—коллектор, компенсируя изменение входного напряжения. Выходное напряжение остается практически постоянным. Коэффициент стабилизации простейшего ТКСН примерно равен коэффициенту стабилизации простейшего ППС. Выходное сопротивление составляет несколько Ом. Так же, как и в ППС, выходное напряжение определяется напряжением стабилизации КС.

### Приставки к магнитофонам

**Приставка для перезаписи на одном магнитофоне.** Представляет собой усилитель и используется для частотной коррекции сигнала от дополнительной магнитной головки при перезаписи фонограмм на одном магнитофоне на скорости 9,53 см/с (рис. 37). В качестве дополнительной головки можно использовать любую низкоомную головку от транзисторного магнитофона. Коррекция амплитудно-частотной характеристики сигнала осуществляется резисторами  $R1$ ,  $R7$  и конденсаторами  $C1$ ,  $C3$ ,  $C6$ . Подключать приставку желательно к автономному источнику тока, поместив его вместе с усилителем в металлический экран.

**Микшер на одном транзисторе.** Рассчитан на работу с двумя источниками напряжения звуковой частоты, которые подключаются к разъемам  $Ш1$  и  $Ш2$  (рис. 38). Уров-

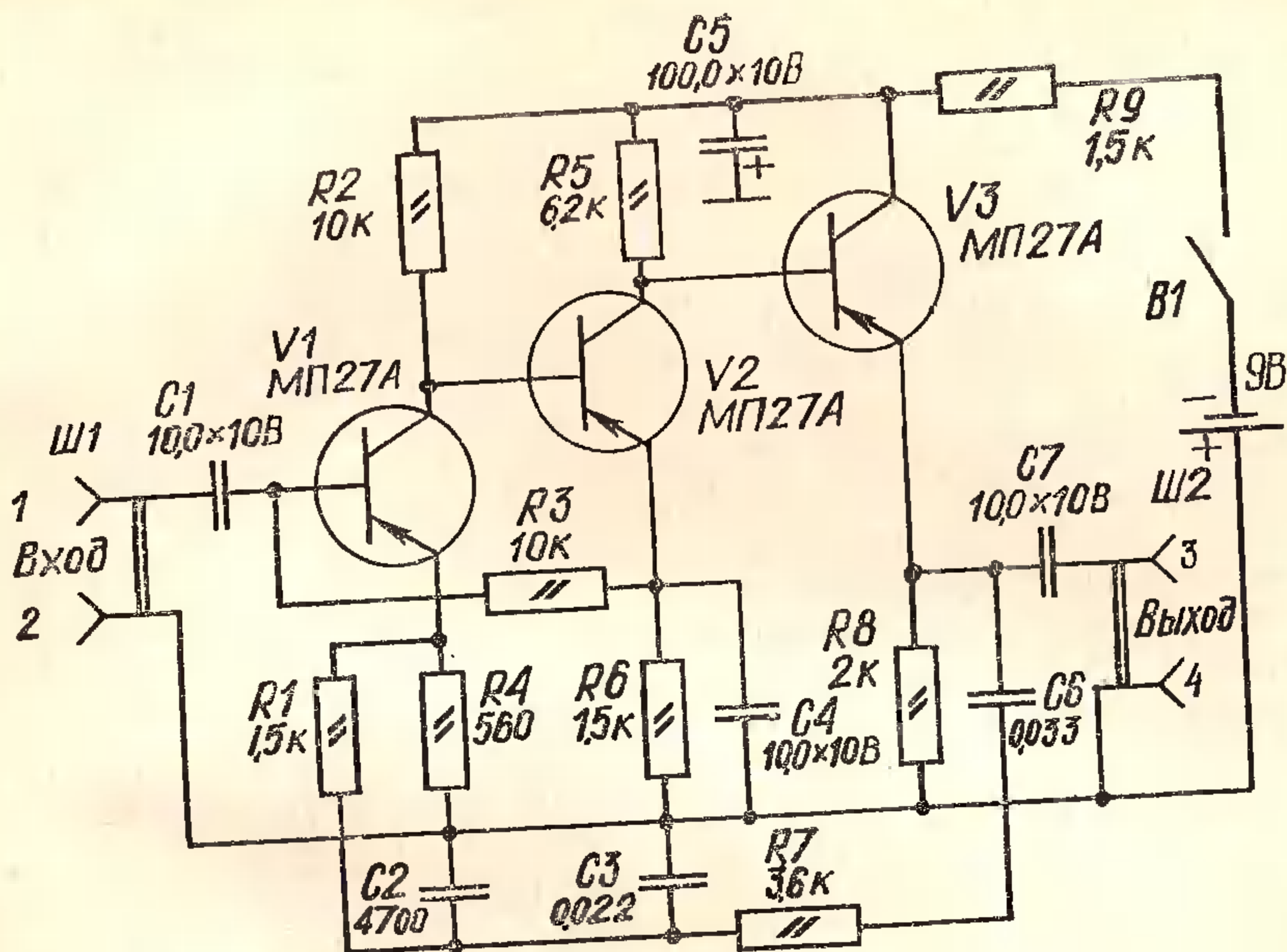


Рис. 37. Схема приставки для перезаписи на одном магнитофоне.

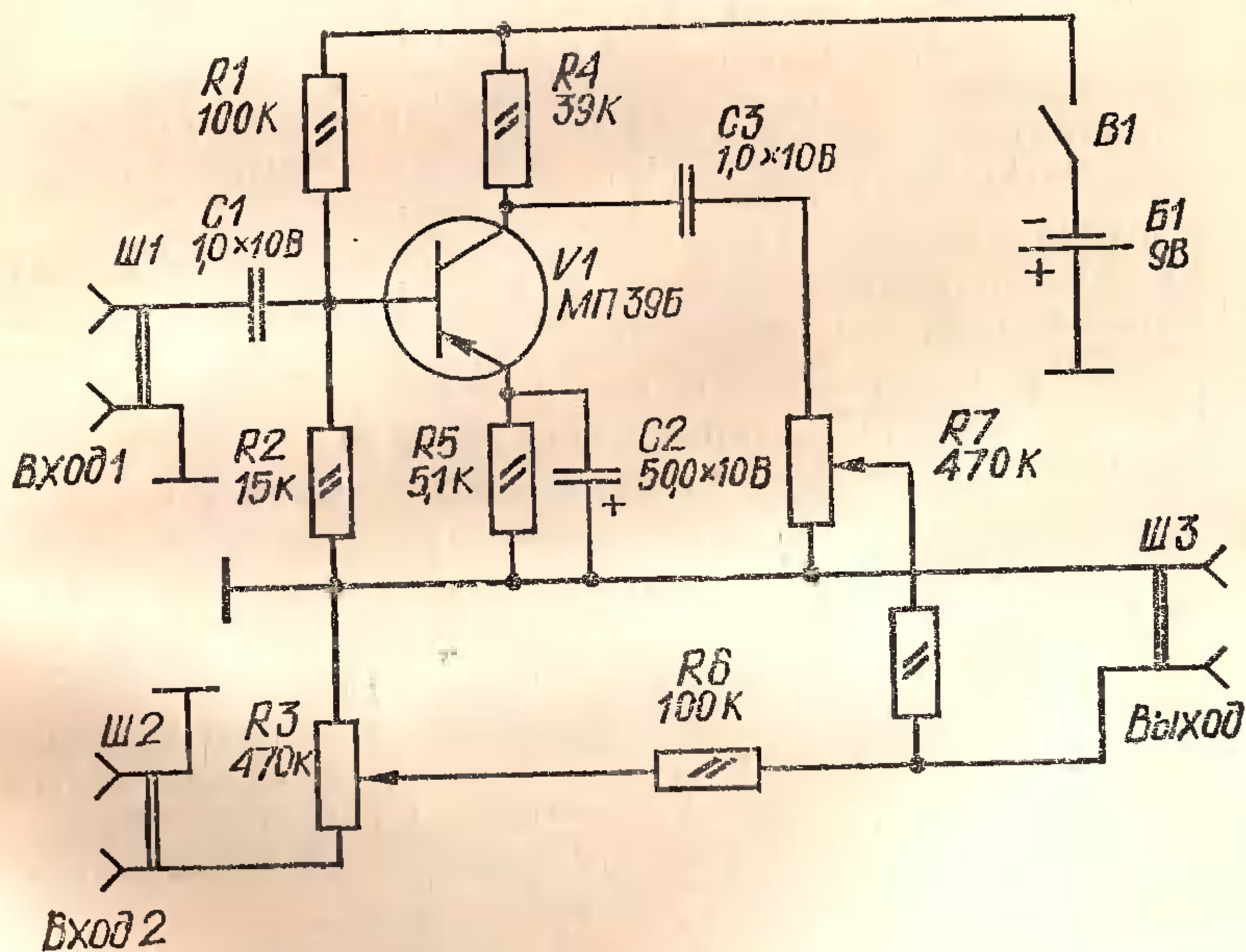


Рис. 38. Схема микшера на одном транзисторе.



ни входных сигналов можно измерять переменными резисторами  $R3$  и  $R7$ . Микшер подключается к входам «Микрофон» или «Приемник» любого магнитофона. Для работы с микшером нужен динамический микрофон типа МД-200, МД-64.

**Микшер на двух транзисторах.** Предназначается для смешивания сигналов от двух источников (рис. 39). Сигналы подаются на базы транзисторов  $V1$  и  $V2$  с движков переменных резисторов  $R1$  и  $R2$  и смешиваются на резисторе  $R5$ . Переменные резисторы  $R11$ ,  $R12$  и конденсаторы  $C7$ ,  $C8$  образуют RC-цепочки, с помощью которых можно изменять амплитудно-частотную характеристику микшера.

**Приставка для перезаписи стереофонических грампластинок.** Используется для монофонической перезаписи на магнитную ленту стереофонических грампластинок (рис. 40). Сигналы левого и правого каналов сводятся в один тракт через истоковые повторители на полевых транзисторах  $V1$  и  $V2$  в цепи базы транзистора  $V3$  первого каскада усилителя звуковой частоты. Транзистор  $V4$  выполняет функцию стабилизатора тока, а диод  $V6$  обеспечивает термостабилизацию режима работы усилителя.

В настоящее время широко применяются озвученные диафильмы, получившие название **д и а ф о н ф и л ь м о в**. В диафонфильмах используется одновременно диафильм или диапозитивы и фонограмма. Озвучивание диапозитивов, например, производят с помощью синхронизатора «Синхрон-8-М» и катушечного магнитофона.

Озвучивание производят следующим образом. Синхронизатор устанавливают вплотную к магнитофону с правой стороны. Магнитную ленту заправляют в лентопротяжные механизмы магнитофона и синхронизатора. При записи пульт дистанционного управления синхронизатора одним штекером соединительного шнура присоединяют к синхронизатору, а другим — к пулту дистанционного управления диапроектора. Запись осуществляется нажатием кнопки на синхронизаторе. Синхронизатор с диапроектором соединяют по инструкции.

Серию диапозитивов, предназначенных для озвучивания, вставляют в диапроектор. К магнитофону подключают микрофон и настраивают магнитофон на запись. После этого включают диапроектор и магнитофон и записывают текст, соответствующий диапозитиву.

При смене диапозитива следует нажимать кнопку пульта дистанционного управления синхронизатора. При этом

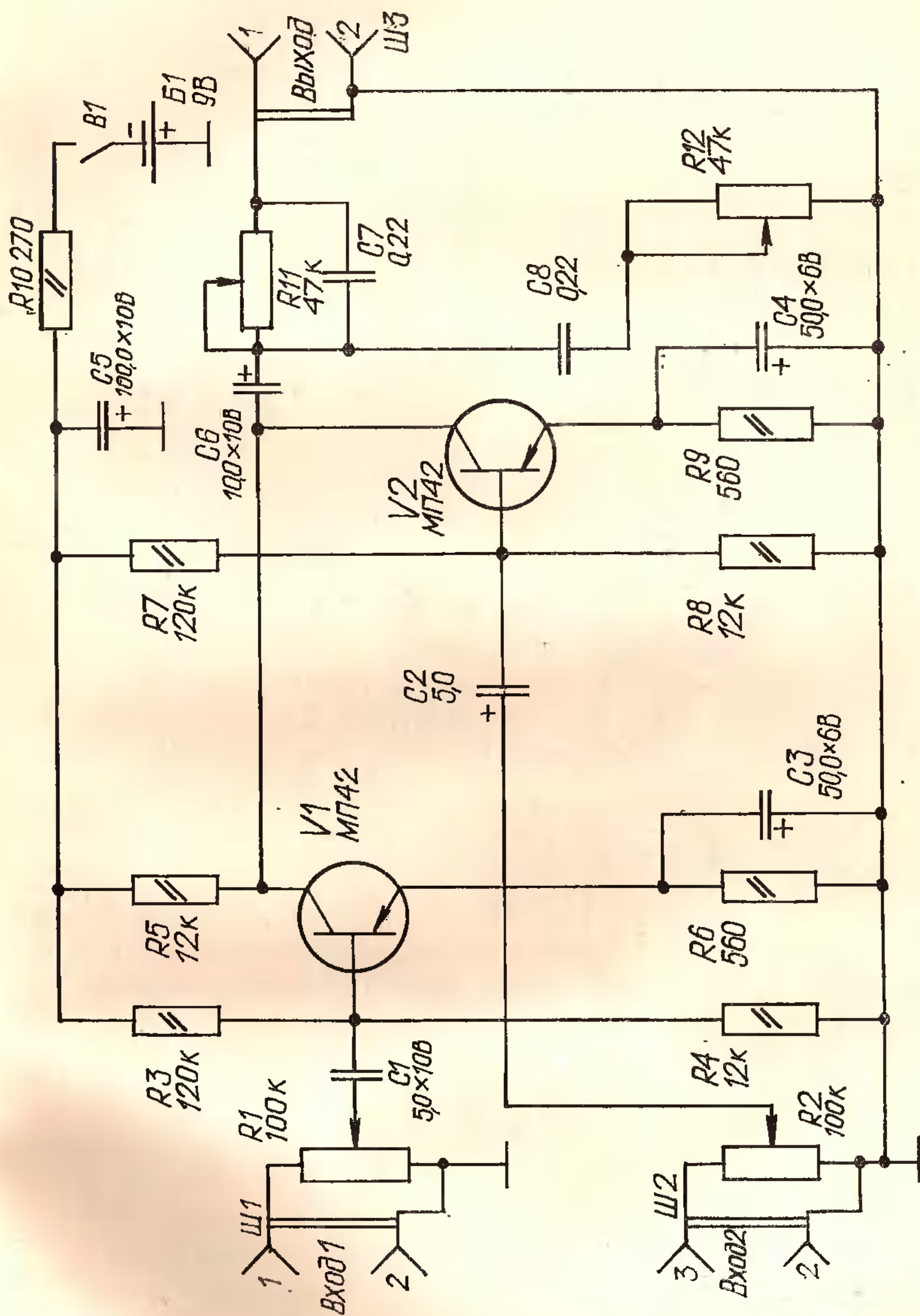


Рис. 39. Схема микшера на двух транзисторах.



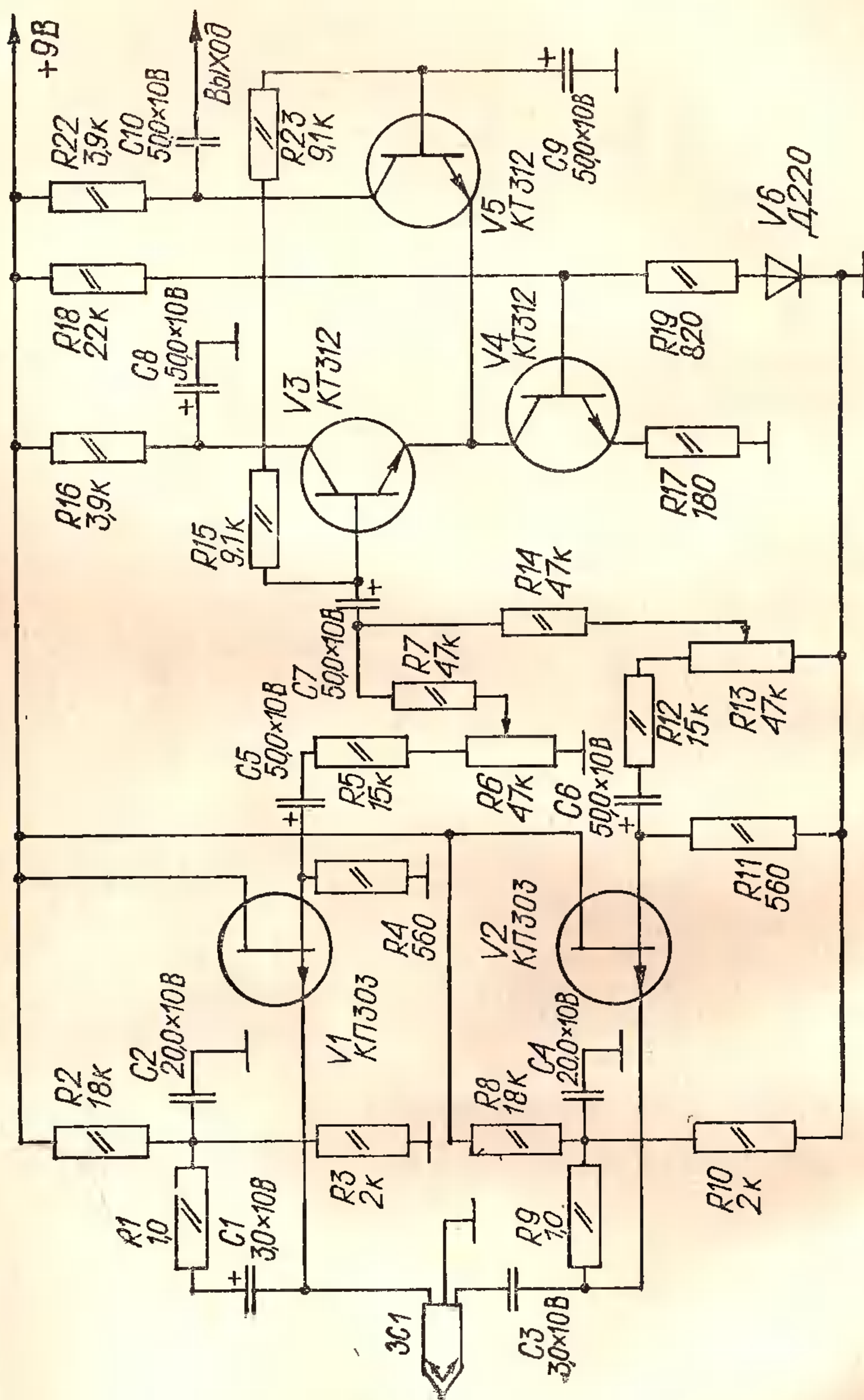


Рис. 40. Схема приставки для перезаписи стереофонических грампластинок.

автоматически меняется диапозитив и сигнал смены диапозитива записывается на пленку.

При воспроизведении озвученных диапозитивов пульт дистанционного управления отключают от синхронизатора и диапроектора и выключают «запись» синхронизатора.

Когда включается магнитофон на воспроизведение, на экране автоматически появляется изображение диапозитивов и синхронно звучит текст. Для озвучивания диапозитивов можно использовать диапроекторы с автоматическим режимом управления (например, «Протон», «Альфа») и любой магнитофон, имеющий свободный выход пленки.

## ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ РАБОТЫ ШКОЛЬНОЙ СТУДИИ ЗВУКОЗАПИСИ

Без преувеличений можно утверждать, что почти в каждой школе, кроме большого количества радиолюбителей, для которых звукозапись стала увлечением, имеется и своя (школьная) студия звукозаписи. Однако немногие из этого большого отряда радиолюбителей могут похвастаться тем, что они овладели методами работы с усилительной и акустической аппаратурой. Поэтому необходимо иметь общие представления о возможностях комплексного применения звукотехнической аппаратуры, оборудования студии звукозаписи, технологии записи и приемов монтажа.

В этой главе мы поговорим о работе студий звукозаписи.

Многие радиолюбители осуществляют магнитную запись в обычной комнате. Более высокое качество магнитной записи получают в студии звукозаписи, так как для получения качественной звукозаписи здесь созданы хорошие акустические условия. Рассмотрим такой пример.

Звук, вызванный хлопком в ладоши, звучит по-разному: в одном помещении расплывчато и гулко, в другом — острее и менее раскатисто, а в третьем затухает очень быстро. Затухание звука зависит от формы комнаты и покрытия ее стен, штор, мебели. Помещение должно быть изолировано от посторонних звуков.

В помещениях, выбираемых для студии звукозаписи, следует произвести ряд пробных записей, а после этого, в случае необходимости, принять меры для улучшения акустических условий того помещения, где были получены хорошие результаты. Улучшить акустические условия можно и в том случае, если задрапировать открытые участки



стен плотной тканью, войлоком, акустическими плитами. Двери должны обеспечивать достаточную звукоизоляцию.

Значительного улучшения акустических условий добиваются с помощью переносных акустических экранов, которые можно изготовить самостоятельно. Они представляют собой раму из профилированного металла, в которую вставлена древесностружечная плита или пластмассовая пластина, покрытая пенопластом толщиной 30—50 мм. Кроме этого, отечественная промышленность выпускает гипсовые акустические плиты. В помещении с большой площадью экраны могут быть использованы для изменения характера звучания и создания эффекта различной акустической обстановки. Особо важное значение приобретают акустические экраны при записи стереофонических фонограмм. Записывая музыку, их можно устанавливать между исполнителями.

Качество записи значительно снижается из-за шума, который возникает от движения пальцев, охватывающих держатель микрофона. Лучше использовать микрофонную стойку (можно складную), которую крепят на резиновых опорах. Во время записи бесед, которые проводятся за столом, микрофон обычно подвешивается над головой.

Для оборудования аппаратной желательно выделить отдельную комнату, расположенную рядом со студией. В аппаратной обычно размещают микшерский пульт с системой слухового контроля (головки прямого излучения, головные телефоны), высококачественный аппарат (магнитофон) для окончательной записи фонограммы, один-два аппарата воспроизведения, с которых на аппарат записи можно подавать вставки звуковых эффектов или предварительно записанной речи или музыки, один-два электропроигрывателя, используемые в процессе предварительной подготовки исходных магнитных фонограмм. С наружной стороны входной двери устанавливают световое табло, предупреждающее о том, что нужно соблюдать тишину.

Перед началом записи исполнители должны быть ознакомлены с правилами поведения в студии. При записи не следует прерывать диктора, если он ошибся при чтении текста. Его лучше предупредить, что в случае допущенной им ошибки он должен вернуться к началу абзаца и продолжать запись. Ошибки можно отметить в сценарии и исправить их в конце записи.

Чтобы сохранить скорость, ритм и интонацию исполнения, записывают отрывок до ошибки и небольшую часть



текста после ошибки (чтобы облегчить выбор места склейки при монтаже). Нежелательные шумовые помехи вызывает шелест бумаги, поэтому текст сценария целесообразно печатать на гигроскопических листах бумаги и располагать его так, чтобы предложения заканчивались на одном листе. Прочитанные страницы сдвигают, откладывая в сторону.

В том случае, когда для записи в студии собирается группа людей, выбирают одного человека, который берет на себя обязанности руководителя записи — режиссера.

При записи очень важно сохранить темп записи и интерес к ней слушателей: один и тот же голос не должен звучать слишком долго, и реплики из различных интервью должны сменять одна другую. Одной из наиболее распространенных форм записи является запись интервью. После представления ведущим выступающего тема развивается в форме беседы. Время интервью составляет не больше чем 10—15 мин. Если текст занимает более продолжительное время, его должны читать несколько дикторов. Важно, чтобы беседа развивалась в нужном направлении, даже если участники отклоняются от темы. Репортер должен быть хорошим слушателем, умеющим проявлять живой интерес к тому, что говорится, и умело направлять ход беседы. Не следует во время беседы говорить бесконечные «да» и «нет». Лучше поощрять говорящего кивком головы, жестами.

Целесообразно заранее записать вопросы на листе бумаги. Не нужно упускать из внимания вопросы, появившиеся в процессе интервью, так как это может повлиять на ход беседы неожиданным образом, что может вызвать живой интерес у слушателей.

Чтобы выполнить монтаж ленты, прослушивают ряд фонограмм, находят нужный участок ленты, аккуратно разрезают ее и склеивают кусочки. Монтаж можно осуществлять на любом магнитофоне, но для прослушивания используют магнитофон, обеспечивающий возможность слухового контроля.

Размечая ленту, следует действовать быстро и уверенно. С приобретением опыта можно не только научиться вырезать отдельные слова, но и исключать слоги из неверно произнесенных слов.

При монтаже не имеет значения количество вырезанного материала, если в окончательной фонограмме не нарушается естественный ход событий и не прослушиваются склеенные стыки ленты.



Окончательный монтаж фонограммы производят на нескольких пустых катушках, на одну из которых собирают всю программу. В некоторых случаях на отрезки фонограммы наклеивают цветные ракорды и на них записывают темы звуковых фрагментов. Номера лент должны соответствовать обозначениям, принятым в сценарии.

В ходе записи часто используют несколько источников сигнала (например, два-три микрофона, магнитофонные приставки), а число входов на магнитофоне может оказаться недостаточным. Кроме этого, наиболее удобно осуществлять регулировки в том случае, если все источники сигналов подключены к единому устройству, предшествующему магнитофону. Такое устройство, производящее смешивание сигналов, называется микшером. На рис. 41 показана блок-схема четырехканального микшерского пульта с усилителем для слухового контроля. Имеющийся переключатель на два положения позволяет сравнивать поступающий и записанный сигналы. В коммутационной схеме предусмотрено прослушивание с помощью телефонов или головок прямого излучения. На рисунке видно, что все источники сигналов подключаются к микшерному пулту. Каждый вход связан со своим каналом. Для регулировки уровня сигнала того или иного источника в каждом канале имеется регулятор уровня. Единственный выход микшера соединяется с магнитофоном.

При стереофоническом воспроизведении сигналы левого и правого каналов, получаемые от микрофонов, передаются на два громкоговорителя, расположенные справа и слева от зоны прослушивания в помещении. При правильном фазировании звуки от двух громкоговорителей смешиваются так, что слушатель, находящийся на примерно одинаковом расстоянии от них, получает представление о первоначальной звуковой картине в горизонтальной плоскости и пространственно воспринимает отдельные источники звука. Такова двухканальная система.

Для двухканальной стереофонии необходимы два микрофона или микрофонная система. Многие любители стереозаписей используют два обычных микрофона, установленные по разные стороны источника звука. Хорошие стереофонические записи можно получить, если использовать два ленточных микрофона, разнесенные друг от друга на соответствующее расстояние и ориентированные по оси к источнику звука.

Чтобы создать эффект «движения», применяют метод разнесения микрофонов с расстоянием между ними не

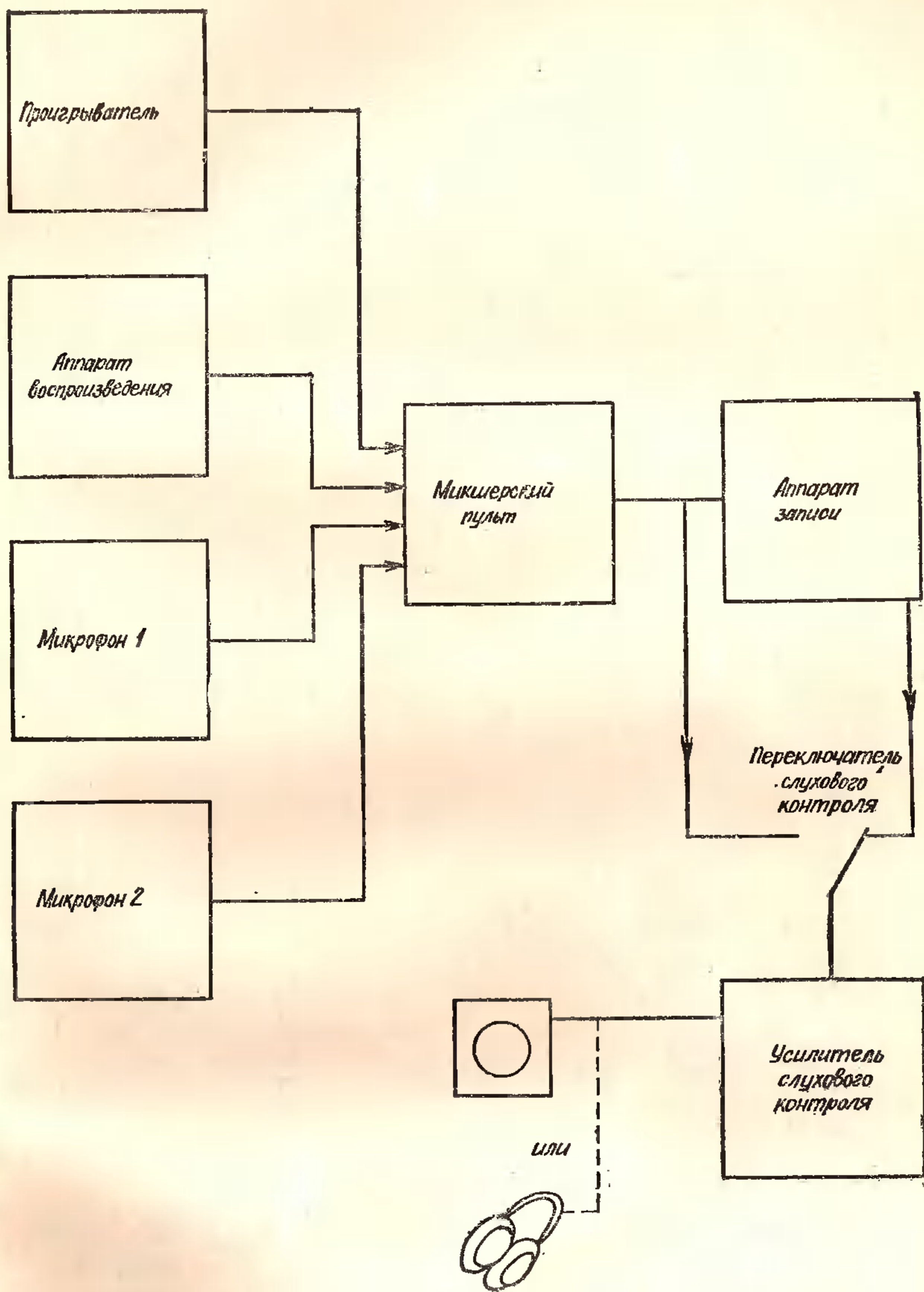


Рис. 41. Структурная схема микшерного пульта.



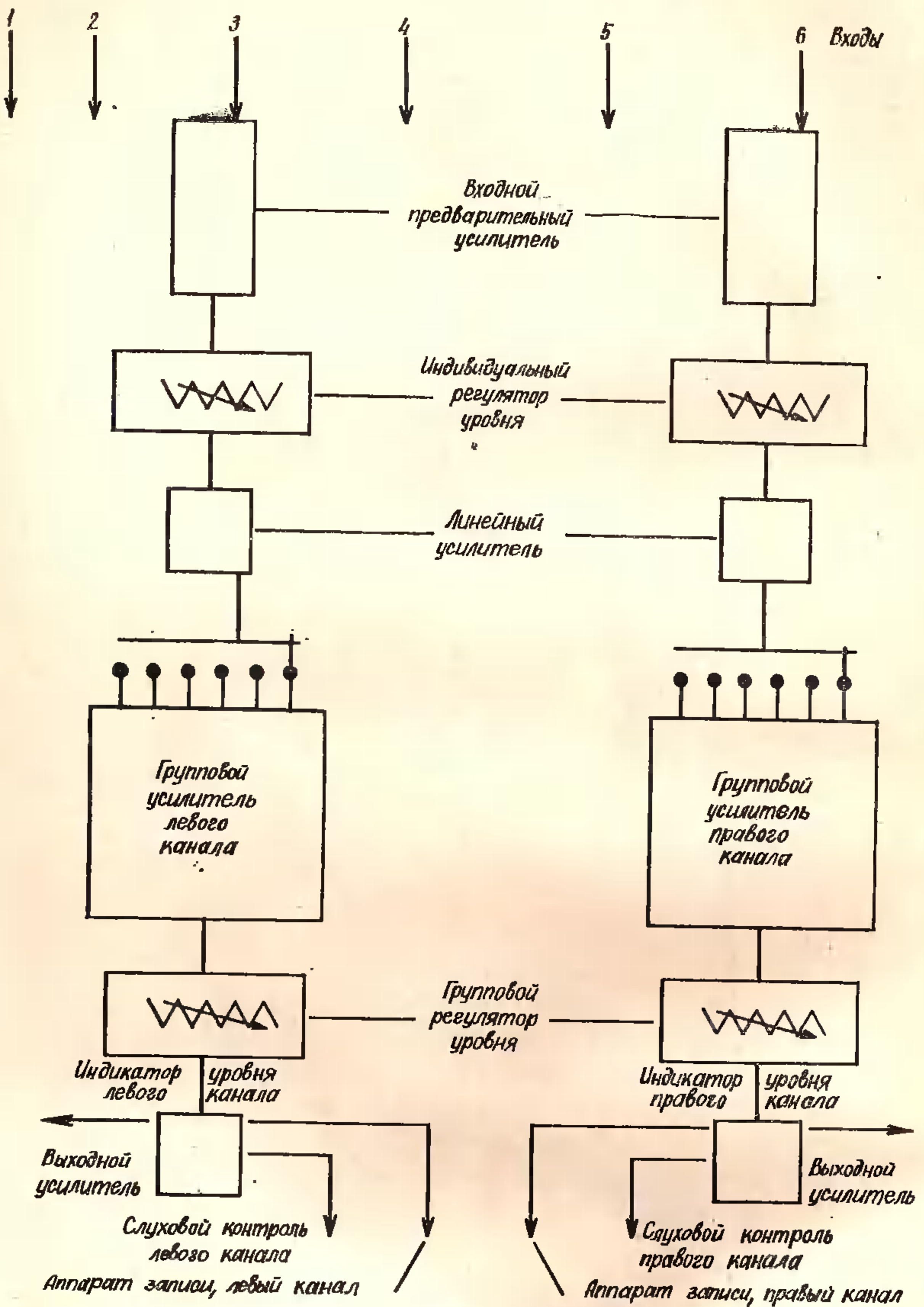


Рис. 42. Упрощенная структурная схема стереофонического микшерского пульта.

меньше чем 3 м. Для любительской магнитной записи используются разнообразные типы стереофонических микрофонов. Чаще всего это совмещенные микрофоны с осями, направленными под углом  $90^\circ$ , которые соединены между собой так, что угол между двумя осями максимальной характеристики может регулироваться.

Для обеспечения наилучшего согласования каждого микрофона со входом и полного контроля каждого канала применяются стереофонические микшерские пульта.

На рис. 42 показана упрощенная структурная схема стереофонического микшерского пульта. Каждый входной сигнал может подаваться на любой из входов групповых усилителей правого и левого каналов.

Как видно из рисунка, для точной регулировки уровней и формирования сбалансированного сигнала, подаваемого на аппарат записи, микшерский пульт имеет индикаторы уровня и выходы для подключения телефонов и головок прямого излучения.

Обычно микшерские пульта имеют не меньше чем четыре канала. Наличие у микшера большого количества каналов обеспечивает значительно большую гибкость в работе оператора. Технические данные микшера: отношение сигнал-шум, частотная характеристика и нелинейные искажения должны быть одного класса и не хуже, чем у магнитофона, так как микшерский пульт и магнитофон — взаимно дополняющие устройства. Многие радиолюбители собирают микшеры самостоятельно. В литературе, особенно в журнале «Радио», имеется большое количество описаний их конструкций. В данной книге конструкции микшеров приведены в параграфе «Приставки к магнитофонам». При разработке конструкции микшера ручки управления целесообразно располагать на горизонтальной, а не на вертикальной панели, использовать движковые регуляторы, а соединительные кабели подключать сзади или сбоку.

При монтаже аппаратной и коммутационных цепей необходимо соблюдать правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Прежде всего следует убедиться в правильности соединения сетевых кабелей питания, заземления открытых металлических частей аппаратуры.

Иногда на шасси магнитофонов устанавливается клемма заземления, в других случаях экранирующая оплетка соединительного кабеля, являющаяся вторым звуковым проводом, одновременно служит и для заземления. При



монтаже системы звукозаписи в аппаратной производят заземление аппаратуры таким образом, чтобы все устройства имели один общий провод заземления, так как при независимом заземлении нескольких точек может образоваться замкнутый контур заземления и появиться фон, причиной которого будут незначительные токи (с частотой питающей сети), протекающие по входным цепям очень чувствительных предварительных усилителей. Для уменьшения фона сетевой частоты во многих магнитофонах применяют симметричный двухпроводный вход.

После подключения аппаратуры к сети ее последовательно соединяют звуковыми кабелями, проверяя при этом каждый вход на фон. При наличии фона можно попытаться отключить провод заземления от того устройства, где появился фон. Если фон исчезает, следует исключить «мешающее» заземление, проверив, обеспечивается ли оно каким-либо другим способом.

После того как система аппаратной налажена и работает, целесообразно пометить все кабели для быстрой сборки в последующем. На оборудовании также делают соответствующие пометки.

Размещение оборудования в значительной степени зависит от особенностей его применения и условий, созданных для работы с аппаратурой. Гораздо удобнее во время записи работать вдвоем: один обслуживает микшер, другой управляет аппаратом записи и источниками сигналов. Чтобы стол, на котором стоит магнитофон, не излучал звук, под него подкладывают толстый слой пористой резины.

В большинстве случаев необходимо, чтобы исполнители и операторы видели друг друга. Лучше всего это достигается с помощью окна с двойными стеклами. Для этих целей используют и проекционное окно, а управляют работой через помощника. Связь между студией и аппаратной осуществляется с помощью простой переговорной системы: микрофон, усилитель, громкоговоритель.

Чтобы исключить самовозбуждение, обусловленное акустической обратной связью, подключают реле, которое размыкает контрольный громкоговоритель при работе микрофона переговорной системы. Для оперативного руководства во время записи устраивается сигнализация, состоящая из лампочки, батарейки и кнопки, соединенных последовательно. Лампочка должна быть в поле зрения исполнителя. Составляется простое кодирование, с помощью которого руководят исполнителями. Например,



лампочка загорелась — начало записи, лампочка мигает часто — следует увеличить темп исполнения и т. п.

Одним из основных требований к записи является применение ленты одного и того же типа. Целесообразно использовать размагниченную ленту, так как она обеспечивает лучшее отношение сигнал—шум, чем лента, прошедшая процесс стирания только в самом магнитофоне.

Обычно при записи, особенно музыкальных произведений, исполняемых большим оркестром, используется несколько микрофонов. Микрофоны, как и громкоговорители, должны быть правильно сфазированы. Фазирование производится следующим образом. При выровненном уровне двух рядом расположенных микрофонов диктор говорит на расстоянии 0,3—0,45 м от каждого микрофона. Пока диктор говорит, прислушиваясь при этом к изменениям в характере звучания, вводят и выводят регулятор уровня одного из микрофонов. При фазировании ощущается недостаток низкочастотных составляющих. В сигнале преобладают высокочастотные составляющие. У микрофонов с симметричным выходом фазирование достигается перепайкой концов микрофонного кабеля. Ленточный микрофон достаточно развернуть на 180°. Микрофоны с несимметричным выходом фазироваются изготовителем.

Если используется более двух микрофонов, то первый должен быть сфазирован со вторым, второй — с третьим, третий — с четвертым и т. д. Чтобы не забыть, какой из микрофонов подключен к тому или иному каналу, и избежать потери времени при регулировке баланса, каждую микрофонную стойку можно пронумеровать. Соответствующие пометки делают и на пульте над регуляторами каналов.

Микрофон чувствителем к малейшим движениям воздуха. Чтобы обеспечить высокое качество звучания, микрофон устанавливают на надежные напольные стойки. Во время записи речи или пения расстояние до микрофона не должно меняться. Любое передвижение приведет к изменению звуковой перспективы, в результате чего могут появиться искажения, обусловленные перегрузкой микрофона, предварительного усилителя и магнитной ленты.

При записи зачастую используются звуковые эффекты, которые условно делятся на две категории: непрерывный шумовой фон, характеризующий место действия (акустическая атмосфера), и непродолжительные звуковые эффекты (выстрел пистолета, звон разбитого стекла и др.).

Очень важно осуществлять слуховой контроль по воз-



возможности при одном и том же уровне, так как при существенных различиях уровня громкости будет заметно меняться и восприятие звукового баланса. Например, звуковые эффекты должны быть настолько громкими, насколько это необходимо для того, чтобы они были выразительными. В то же время они не должны быть навязчивыми, «выпирать» из общей звуковой картины или звучать громче, чем в жизни, если этого не требует художественный замысел.

Одной из самых трудных задач является поддержание уровня сигнала на протяжении всей записи.

Главное требование высококачественного воспроизведения — создание акустической мощности, достаточной для воспроизведения, с помощью усилителя в сочетании с акустическими системами, например, музыкальной программы без ограничения сигналов и без искажений, с максимальной громкостью.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает для бытовой звукопроизводящей аппаратуры около 20 типов усилителей звуковой частоты. Выходная мощность усилительных устройств составляет 50—70 Вт. Увеличение выходной мощности объясняется необходимостью улучшения качества звучания. При воспроизведении прослушивают музыкальные программы с такой же громкостью, как и в концертном зале. Воспроизведение с меньшим уровнем громкости по сравнению с естественным ведет к ухудшению восприятия звуков низких и высоких частот.

Затраты звуковой мощности для получения заданного уровня громкости зависят также от потерь звуковой энергии в самом помещении, где установлены громкоговорители.

Для высококачественного воспроизведения в помещении площадью 60 м<sup>2</sup> с небольшим количеством мягкой мебели, легкими занавесками и твердым покрытием пола целесообразно использовать усилители мощностью 30—40 Вт, в помещении такого же объема с большим количеством мягкой мебели, ковров на полу и стенах, с плотными занавесками — усилители мощностью 50—60 Вт. Обычно оптимальный уровень громкости выбирают 50—60% номинальной выходной мощности.

Существуют два способа получения высококачественного звучания: озвучивания всего помещения с применением акустических систем и озвучивания отдельных мест с помощью головных телефонов. Головные телефоны, особенно



стереофонические, обеспечивают более высокое качество воспроизведения, чем самая совершенная система озвучивания всего помещения. Это объясняется тем, что звуковые колебания, излучаемые головными телефонами, не зависят от параметров окружающей среды, и слушатель не воспринимает всевозможные акустические помехи и шумы. Кроме этого, низкие частоты звукового диапазона телефоны воспроизводят более естественно, что позволяет прослушивать музыкальные программы, имеющие значительный динамический диапазон, с таким же уровнем громкости, как и в естественных условиях. Наконец, при прослушивании стереофонических записей с помощью головных телефонов субъективно ощущается более четкое разделение информации по каналам, независимо от места расположения слушателя в помещении.

Следует отметить, что стереофонические телефоны существенно отличаются от обычных. Это прежде всего более совершенные звуковоспроизводящие системы с широкой полосой воспроизводимых частот и малой неравномерностью частотной характеристики.

Электроакустические параметры таких современных отечественных стереофонических телефонов, как ТДС-3, ТДС-101, «ЭХО», не уступают параметрам громкоговорителей высшего класса. Например, номинальный диапазон частот у них составляет 20—20 000 Гц.

Для использования головных телефонов необходима электрическая мощность 20—100 мВ·А, развиваемая однодвухкаскадным УЗЧ без усилителя мощности.

При прослушивании через головные телефоны человек лишен возможности обмена впечатлениями с другими слушателями. Отсутствие привычных посторонних шумов действует угнетающе, а плотный прижим амбушюров на ушные раковины вызывает чувство тесноты и раздражения.

В большинстве случаев озвучивание производят громкоговорителями или акустическими системами. Сейчас громкоговорителем принято называть одну или несколько динамических головок, размещенных в акустическом ящике. Высококачественные акустические системы должны обладать широкой полосой воспроизводимых частот, определяемой по звуковому давлению, небольшой неравномерностью частотной характеристики, минимальным коэффициентом нелинейных искажений.

Перекрытие широкого диапазона звуковых частот обусловлено применением в громкоговорителях низкочастотных, среднечастотных и высокочастотных головок. Исполь-



зуются разделительные фильтры, исключющие подачу низкочастотных составляющих сигнала на другие головки.

Громкоговоритель вносит наибольшие нелинейные искажения по сравнению с остальными звеньями звуковоспроизводящего тракта. Причем, если в области высших частот искажения вносят сами головки, то в области низших (до 300—400 Гц) решающее значение имеет их акустическое оформление. Хорошо выполненное акустическое оформление повышает эффективность излучения низкочастотного сигнала, в частности формирует частотную характеристику громкоговорителя.

В настоящее время промышленность выпускает около полутора десятков различных типов громкоговорителей для комплектации бытовой радиоаппаратуры. Для звуковоспроизводящей аппаратуры высшего класса предназначены базовые модели 15 АС-1, 25 АС-2, а также громкоговоритель 35 АС-1. Все они построены на новых динамических головках прямого излучения и имеют очень хорошие электроакустические параметры. Основные технические характеристики базовых громкоговорителей приведены в таблице 5.

Таблица 5

Громко- говоритель	Номинальный диапазон вос- производимых частот, Гц	Номинальная мощность, Вт	Паспортная мощность, Вт	Полное электрическое сопротивление, Ом	Головки динамические, тип	Масса, кг
15АС-1	63...20000	15	25	4	2×6ГД-6 ГД-31	7
25АС-2	40...20000	25	35	4	3ГД-31 6ГД-6 25ГД-26	12
35АС-1	30...20000	35	70	4	10ГД-35 5ГД-11 30ГД-1	27

**Примечание.** Паспортная мощность (максимальная мощность) — это неискаженная мощность усилителя, при питании от которого громкоговоритель может длительное время работать без механических или электрических повреждений.



В подготовленных к выпуску громкоговорителях для высококачественного воспроизведения используют новые схемные и конструктивные решения и применяют динамические головки, работающие на новых принципах преобразования электрической энергии в акустическую (электростатические, ленточные). Такие модели громкоговорителя имеют широкий диапазон воспроизводимых частот (35 Гц—40 кГц) и специфическое звучание.

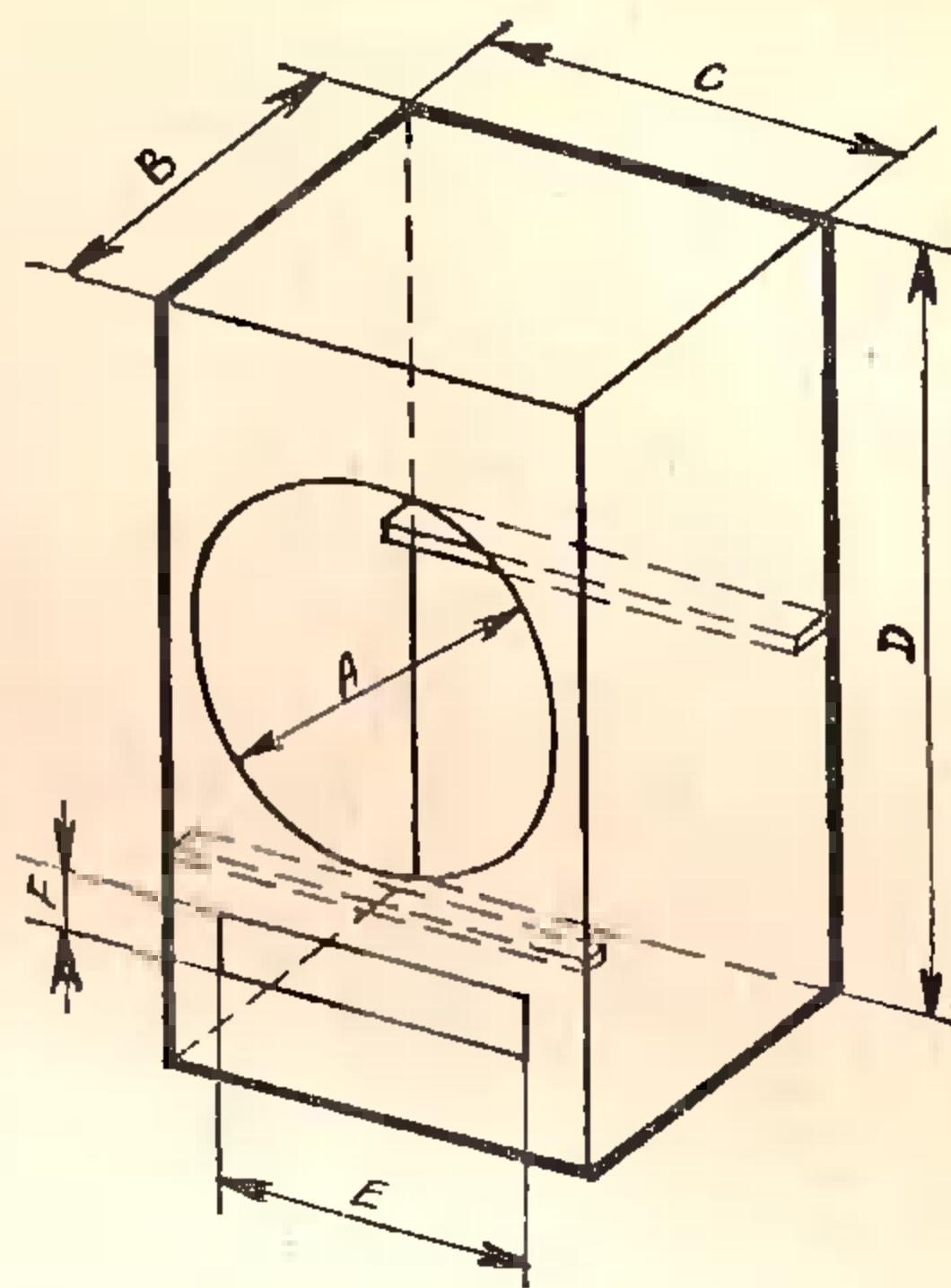


Рис. 43. Акустический фазоинвертор.

Большое распространение в последнее время получили фазоинверторы. Фазоинвертор — это закрытый ящик с отверстием вблизи головки прямого излучения (на одной стороне с ней), площадь которого примерно равна площади диффузора. Это отверстие служит для использования излучения задней стороны диффузора головки прямого излучения и увеличивает отдачу на самых низких частотах. Происходит это потому, что диффузор головки прямого излучения через воздушный объем ящика связан со столбом воздуха в отверстии. Этот столб воздуха ведет себя подобно диффузору, являясь дополнительным излучателем звука (вторым диффузором). На рис. 43 показана конструкция фазоинвертора. При самостоятельном его изготовлении можно использовать размеры, приведенные в табл. 6.

Следует помнить, что стенки ящика должны быть жесткими и не вибрировать от звуковых волн. С внутренней стороны эти стенки обивают звукопоглощающим материалом толщиной от 2 до 4 см.

В помещении аппаратуру располагают так, чтобы она дала наилучший стереоэффект.

Для получения хорошего стереоэффекта расстояние между двумя громкоговорителями стереофонической воспроизводящей аппаратуры должно быть не меньше чем 1 м и не больше чем 6—8 м. Это связано с тем, что при малой базе стереоэффект полностью будет подавлен, а при большой — оба громкоговорителя будут звучать как два самостоятельных источника звука.



Таблица 6

Диаметр диффузора, м	Объем ящика, м <sup>3</sup>	Размер нижнего отверстия, м <sup>2</sup>	А, м	В, м	С, м	Д, м	Е, м	Г, м
0,44	0,21	0,056	0,4	0,375	0,665	0,84	0,40	0,14
0,37	0,165	0,044	0,34	0,304	0,60	0,81	0,345	0,127
0,30	0,118	0,038	0,28	0,28	0,56	0,75	0,266	0,146
0,25	0,089	0,03	0,228	0,24	0,50	0,67	0,276	0,108
0,20	0,06	0,016	0,175	0,267	0,405	0,56	0,175	0,92
0,15	0,034	0,012	0,140	0,197	0,355	0,49	0,140	0,89

На рис. 44 приведено схематическое изображение прямоугольной комнаты с размещенной в ней стереофонической установкой. Расстояние (а) между громкоговорителями называется базой, б — это расстояние от громкоговорителя до центра зоны стереоэффекта, а сама зона заштрихована. Точка А — место наилучшего восприятия стереоэффекта.

При размещении установки в центре и подаче на громкоговорители сигналов одинаковой мощности у слушателя возникает иллюзия, что источник звука находится посередине между громкоговорителями.

Очевидно, что при прослушивании стереофонической программы мощности сигналов, подводимых к каждому громкоговорителю, будут изменяться, и у слушателя будет создаваться впечатление перемещения источников звука от одного громкоговорителя к другому.

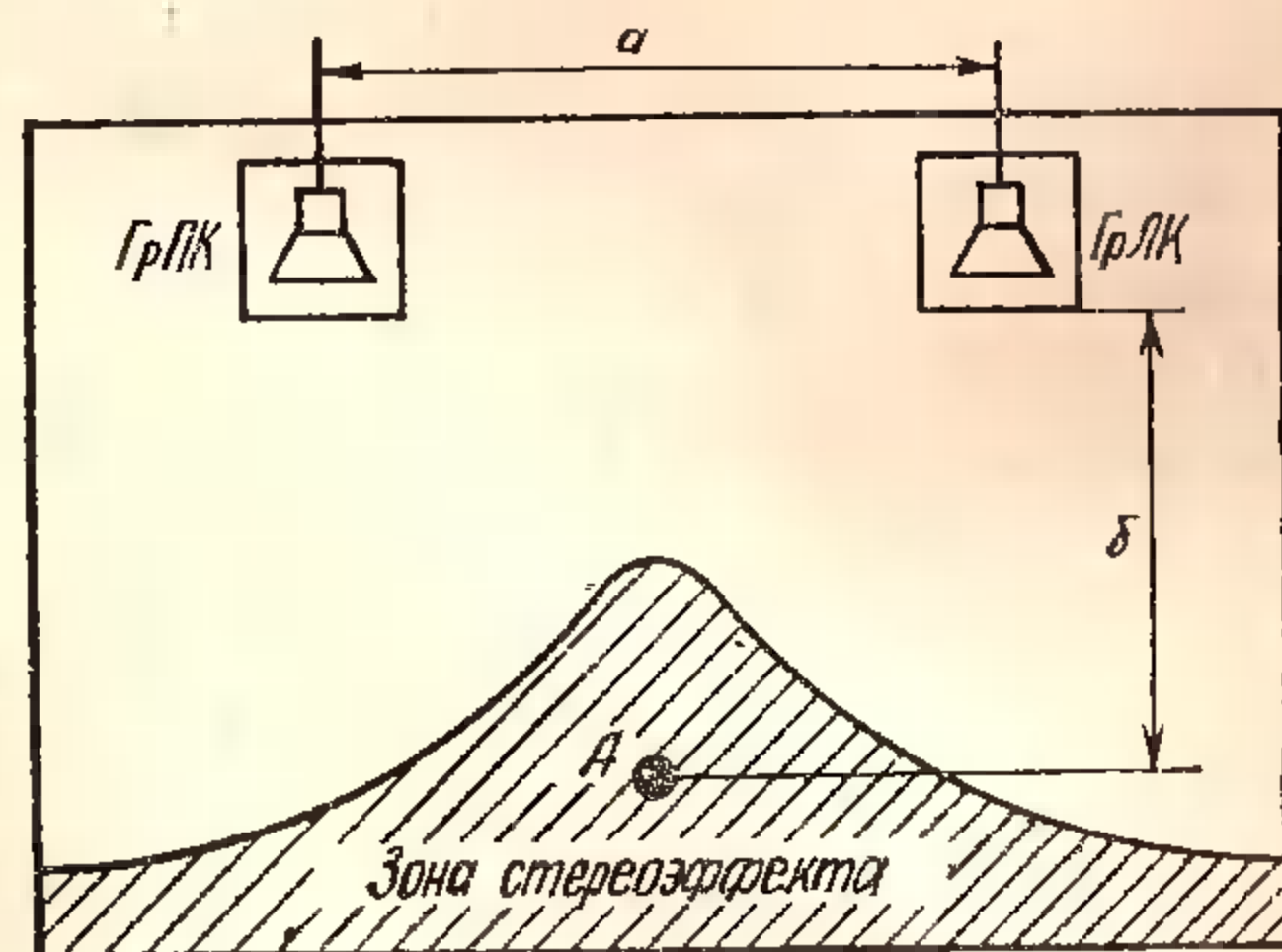


Рис. 44. Зона оптимального стереоэффекта при прослушивании.

Если постепенно смещаться от зоны вправо или влево, то в определенный момент начнет отчетливо прослушиваться звучание только правого или левого громкоговорителя, вследствие чего эффект стереофонии ухудшается, в частности, пропадает возможность четкой локализации отдельных источников звука.

Таблица 7

Размеры помещения, м	Расстояние $a$ (база), м	Расстояние $b$ , м
2,4×3,0	2,4	1,2
3,0×3,6	3,3	2,4
3,6×4,5	3,9	3,0
4,5×6,0	4,5	3,6
5,4×7,2	5,4	4,5

Расстояния  $a$  и  $b$  можно определить по данным табл. 7, составленной применительно к комнате, где соотношение длин сторон составляет 4:5. Например, если комната имеет размеры 4,5×6 м (27 кв. м), то база должна быть равна 4,5 м. В этом случае расстояние между громкоговорителями и центром зоны стереоэффекта составляет 3,6 м.

Если помещение сильно заглушено (этому способствуют мягкая мебель, драпировки, ковры и пр.), то ширина зоны хорошей слышимости стереоэффектов не превышает 0,2 от ширины базы. При ширине базы 1,5—3 м разместить группу слушателей в зоне оптимального стереоэффекта трудно.

Особенности размещения акустических систем связаны с учетом влияния пола и стен на частотную характеристику громкоговорителей в области низких частот и влияния мебели на воспроизведение средних и высоких частот. При этом оказывается, что близость пола и стен улучшает отдачу на самых низких частотах, но вносит дополнительную неравномерность в воспроизведении средних и высоких частот.

При размещении громкоговорителя в углу комнаты повышается уровень звукового давления на 4—5 дБ по сравнению с уровнем звукового давления при размещении громкоговорителя у стен. Однако так размещать громкоговорители стереоустановки не следует. Стереоэффект создается в результате изменений фазы и амплитуды звуковых колебаний, излучаемых одновременно обоими громкоговорителями, и качество воспроизведения стереофонических программ во многом зависит от того, насколько точно будут повторены эти изменения.

При размещении громкоговорителей по углам комнаты сильно искажается фаза звуковых волн, в результате чего нарушается первоначальная структура сигналов и ухудшается стереоэффект. Во избежание таких явлений громко-



говорители стереофонических систем приподнимают над полом так, чтобы высокочастотные головки были расположены на уровне головы сидящего слушателя. Если установить громкоговорители на таком уровне невозможно, то лучше их поместить выше, но не ниже.

Между слушателями и громкоговорителями не должно быть предметов, которые могут вызывать заметное ослабление высоких звуковых частот и вследствие этого сузить эффективную зону стереофонического воспроизведения. Не следует размещать громкоговорители у батарей и других отопительных систем.

Большое влияние на качество воспроизведения оказывает уровень громкости: чем ближе он к уровню звучания естественных источников, тем лучше проявляется стереоэффект. В условиях жилой комнаты для создания полноценного стереофонического звучания уровень звукового давления должен быть не ниже 0,8—1 ПА (что соответствует громкой речи). Музыка, воспроизводимая на таком уровне, не вызывает заметного утомления слуха и перегрузки психики человека даже при длительном слушании.

При озвучивании закрытого помещения звуковую (акустическую) мощность воспроизводящей установки определяют по номограмме.

Каждую установку, состоящую из акустической системы и усилителя, конструируют с учетом объема и акустических особенностей конкретного помещения. Электрическую мощность установки определяют по той же номограмме.

## КОМПОНЕНТЫ И ЭЛЕМЕНТЫ МАГНИТОФОНОВ

Резисторы широко используют в электрических схемах для создания определенных режимов питания усилительных элементов в качестве регуляторов громкости, тембра, уровня записи.

К основным электрическим параметрам резисторов относятся: *номинальное омическое сопротивление, класс точности, номинальная мощность рассеивания*. Обычно буквы, входящие в обозначения типа резистора, означают: *первая* — вид токопроводящего материала (У — углеродистые, М — металлопленочные и др.), *вторая* — вид защиты (Л — лакированные, Г — герметичные), *третья* — особые свойства или назначение резистора (Т — теплостойкие, М — мегомные и др.). Например, обозначение МЛТ следует читать



так: металлизированные лакированные теплостойкие. За резисторами, которые изготавливались до введения новой системы типовых обозначений, сохранились старые наименования.

В соответствии с ГОСТ 13453-68 в зависимости от группы и свойства резисторов введена система сокращенных обозначений, состоящих из букв и цифр. Буквы обозначают группы изделий: С — резисторы постоянные, СП — резисторы переменные. Цифры, стоящие после букв, обозначают конструктивную разновидность: 1 — непроволочные тонкослойные углеродистые и бороуглеродистые, 2 — непроволочные тонкослойные металлодиэлектрические и металлоокисные, 3 — непроволочные композиционные пленочные, 4 — непроволочные, композиционные объемные, 5 — проволочные, 6 — непроволочные тонкослойные металлизированные. Конструктивным разновидностям резисторов данного вида присваивается порядковый номер разработки (например, СП5-3 — переменный проволочный резистор с порядковым номером 3).

Для сопротивлений резисторов и допускаемых отклонений введены новые сокращенные (кодированные) обозначения ГОСТ 11076-69, где буква, определяющая единицы измерения, стоит на том месте, где должна быть запятая, разделяющая целую и дробную части обозначения. Если в значении сопротивления резистора отсутствуют целые числа, то нуль впереди буквы не ставится. В конце обозначения резистора буквой указываются допускаемые отклонения сопротивления резистора от номинального значения. Например, сопротивление  $0,57 \text{ Ом} \pm 5\%$  обозначается E57И, сопротивление  $4,7 \text{ кОм} \pm 10\%$  — 4K7С, сопротивление  $47 \text{ кОм} \pm 20\%$  — 47KB.

При проверке резисторов производят вначале внешний осмотр, обращая внимание на целостность корпуса, отсутствие на нем трещин и сколов. Резистор с обуглившейся поверхностью или с темными колечками на ней не исправен. Небольшое потемнение лакового покрытия допустимо, но у таких резисторов следует проверить сопротивление. Допустимое отклонение от номинального не должно превышать  $\pm 20\%$ . Обычно отклонение сопротивления от номинала в сторону возрастания наблюдается при длительной эксплуатации у высокоомных резисторов (более 1 МОм).

В ряде случаев обрыв токопроводящих элементов не вызывает никаких изменений внешнего вида резистора. Поэтому проверку резисторов на соответствие их значений номинальным производят с помощью омметра. Перед из-



мерением сопротивления резисторов в схеме радиоаппарат выключают и разряжают электролитические конденсаторы. При измерении обеспечивают надежный контакт между выводами проверяемого резистора и зажимами прибора. Чтобы не шунтировать прибор, не следует касаться руками металлических частей щупа омметра. Значение измеренного сопротивления должно соответствовать тому номиналу, который обозначен на корпусе резистора с учетом допуска, соответствующего классу данного резистора и собственной погрешности измерительного прибора.

Конденсаторы применяют в различных схемах для разделения переменной и постоянной составляющих тока и сглаживания пульсаций напряжений выпрямителей. Конденсатор представляет собой устройство, накапливающее электрические заряды. Оно состоит из двух металлических пластин (обкладок), разделенных диэлектриком. В качестве диэлектрика применяют бумагу, слюду, керамику, синтетические и оксидные пленки, воздух.

В зависимости от конструкции и назначения конденсаторы делятся на три группы: *постоянной емкости*, *полупеременные* (подстроечные), изменяющие емкость в небольших пределах, и *переменной емкости*. Независимо от группы и вида конденсаторы характеризуются определенными параметрами: номинальным значением емкости, классом точности, рабочим напряжением, температурным коэффициентом емкости.

Типовые обозначения и маркировка конденсаторов соответствуют основным их свойствам и особенностям. Так, буквы на конденсаторе обозначают: *материал диэлектриков* (Б — бумажный, Э — электролитический, МБ — металлобумажный, К — керамический, С — слюдяной, П — пленочный), *вид защиты* (О — опрессованный или открытый, Г — герметизированный), *конструктивную особенность* (Т — трубчатый, Д — дисковый, П — плоский или пластинчатый, Б — бочоночный, Г — горшкообразный, О — однослойный, Ц — цилиндрический), *особые свойства* (Т — теплостойкий, В — высоковольтный, М — малогабаритный, Ч — частотный, У — ультракоротковолновый). Например, СГМ — слюдяной герметизированный малогабаритный, ПОВ — пленочный открытый высоковольтный.

Для конденсаторов новых разработок система обозначения состоит из четырех элементов. *Первым элементом* являются буквы: К — конденсаторы постоянной емкости, КП — конденсаторы переменной емкости, КТ — конденсатор подстроечный.



*Второй элемент* — это числа, обозначающие материал диэлектрика и группу по рабочему напряжению. Например, 10 — керамические на номинальное напряжение ниже 1600 В, 15 — керамические на номинальное напряжение 1600 В и выше, 20 — кварцевые, 21 — стеклянные, 22 — стеклокерамические, 23 — стеклоэмалевые, 31 — слюдяные малой мощности, 32 — слюдяные большой мощности, 40 — бумажные с обкладкой из фольги на номинальное напряжение 2 кВ, 41 — бумажные с обкладками из фольги на номинальное напряжение выше 2 кВ, 42 — металлобумажные, 50 — электролитические алюминиевые, 51 — электролитические танталовые фольговые, 52 — электролитические танталовые объемно-пористые, 53 — электролитические оксиднополупроводниковые, 54 — оксиднометаллические, 60 — воздушные, 61 — вакуумные, 70 — полистирольные с фольговыми обкладками, 71 — полистирольные с металлизированными обкладками, 72 — фторопластовые, 73 — полиэтилентерефталатные, 75 — комбинированные, 76 — лакопленочные, 76 — поликарбонатные.

*Третий элемент* — буквы, обозначающие: П — для работы в цепях постоянного и переменного тока, Ч — для работы в цепях переменного тока, У — для работы в цепях переменного и постоянного тока и импульсных режимах (универсальный), И — для работы в импульсных режимах. Отсутствие буквы после числа свидетельствует о том, что конденсатор может работать только в цепях постоянного и пульсирующего тока.

*Четвертый элемент* — цифры, обозначающие порядковый номер исполнения (модель). Например, К40П-2 — конденсатор бумажный с фольговыми обкладками с порядковым номером 2, может быть использован в цепях постоянного и переменного тока.

Для конденсаторов постоянной емкости характерны такие неисправности, как пробой диэлектрика, увеличение тока утечки из-за ухудшения качества диэлектрика, изменение номинального значения емкости и обрыв выводов. Определить неисправность конденсатора по внешнему виду очень трудно. Сопротивление исправных конденсаторов постоянного тока (за исключением электролитических) составляет десятки и сотни мегом. Измерить сопротивление конденсаторов емкостью до 0,05 мкФ с помощью тестера практически невозможно.

Для проверки диэлектрика на пробой следует отпаять хотя бы один из выводов проверяемого конденсатора. Если при подключении омметра к выводам неэлектролитического



конденсатора небольшой емкости (менее 0,05 мкФ) стрелка прибора отклонится, то это указывает на пробой диэлектрика. Если проверяемый конденсатор имеет емкость более 0,05 мкФ, то при подключении омметра стрелка прибора после небольшого толчка (заряд конденсатора от батарей омметра) должна вновь вернуться в положение, помеченное на шкале прибора знаком «бесконечность». В противном случае это свидетельствует о том, что ухудшилась изоляция диэлектрика конденсатора и его необходимо заменить исправными. Проверка исправности неэлектролитических конденсаторов небольшой емкости при помощи омметра не всегда бывает достаточной, так как при внутреннем обрыве выводов конденсатора стрелка прибора будет также оставаться на месте.

У электролитических конденсаторов, кроме перечисленных выше дефектов, наиболее часто наблюдается уменьшение емкости из-за высыхания электролита, а наличие пробоя или снижение сопротивления изоляции (утечка) вызывают сильный нагрев. Проверку электролитических конденсаторов на пробой или утечку производят омметром (тестером). Переключатель шкал омметра устанавливают в положении  $\times 1000$ , соответствующее измерению наибольших значений сопротивления. Конденсатор подключают к прибору параллельно с соблюдением полярности включения. К алюминиевому корпусу конденсатора подключают минусовый щуп прибора, а к выводу — плюсовой. Если конденсатор исправен, стрелка прибора должна резко отклониться в сторону нулевых показаний (заряд), а затем перемещаться до значения 50—100 кОм, что указывает на пониженное сопротивление изоляции. Отсутствие показаний заряда — разряда конденсатора свидетельствует об обрыве. Проверку обрыва или уменьшения емкости можно также производить путем подключения параллельно в схему проверяемого конденсатора заведомо исправного конденсатора такой же емкости и с таким же рабочим напряжением. Если работоспособность радиоаппарата восстановится, проверяемый конденсатор необходимо заменить.

**Полупроводниковые диоды** по конструктивно-технологическому принципу делятся на точечные и плоскостные. У точечных диодов  $p-n$ -переход образуется в месте контакта полупроводниковой пластины с острием металлической иглы. У плоскостных диодов  $p-n$ -переход образуется на границе раздела двух слоев полупроводникового материала с проводимостью типа  $p$  и  $n$ . По назначению полупроводниковые диоды делятся на:



*выпрямительные* (в основном плоскостные), предназначенные для выпрямления переменных токов НЧ. Подразделяются на маломощные (ток до 0,3 А), средней мощности (ток от 0,3 до 10 А) и большой мощности (ток более 10 А);

*высокочастотные* (точечные) — для выпрямления переменных токов с частотами до 1000 МГц;

*стабилитроны* — стабилизаторы напряжения (плоскостные, кремниевые диоды). Подразделяются на маломощные с допустимой мощностью рассеивания до 0,3 Вт, средней мощности — с допустимой мощностью рассеивания от 0,3 до 5 Вт, импульсные — для работы в импульсных схемах.

К диодам специального назначения относятся туннельные, фотодиоды, варикапы и др.

При выборе диодов и определении их взаимозаменяемости обычно руководствуются следующими параметрами: *прямой ток, наибольший обратный ток, прямое падение напряжения, наибольшая амплитуда обратного напряжения, прямое сопротивление и обратное сопротивление.*

*Прямой ток*  $I_{пр}$  — значение силы тока, протекающего через диод в прямом направлении, когда к нему приложено напряжение 1 В (для некоторых типов диодов 0,5 или 2 В). При повышении температуры прямой ток увеличивается, при понижении — уменьшается.

*Наибольший обратный ток*  $I_{обр}$  — значение силы тока, протекающего через диод, когда к нему приложено постоянное напряжение, максимальная амплитуда которого допустима для данного типа диода. Этот параметр является важнейшим показателем качества диода. Чем меньше обратный ток, тем качественнее диод.

*Выпрямленный ток*  $I_{выпр}$  — среднее значение выпрямленного тока, протекающего длительное время через диод, не вызывая его повреждения.

*Прямое падение напряжения*  $U_{пр}$  — среднее падение напряжения на диоде, работающем в схеме выпрямления переменного тока.

*Наибольшая амплитуда обратного напряжения*  $U_{обр}$  — наибольшее напряжение, которое можно подавать в запорном направлении на диод в течение длительного времени, не вызывая его повреждения.

*Прямое сопротивление*  $R_{пр}$  — сопротивление диода прямому току. *Обратное сопротивление*  $R_{обр}$  — сопротивление диода обратному току. Эти два параметра можно измерять с помощью омметра. Значение прямого и обратного сопротивления дает возможность судить об исправности диода.



**Трансформаторы** служат для преобразования напряжения электросети в напряжение, необходимое для работы магнитофона.

Первичная обмотка (сетевая) трансформаторов чаще всего разбивается на секции, схема соединения которых при необходимости может переключаться (специальным сетевым переключателем) на напряжение сети 127, 220 В и 237 В. Автотрансформатор имеет только одну обмотку, которая разбивается на секции, соединенные непосредственно друг с другом. В зависимости от подключения секции автотрансформатор можно включать как *повышающий*, так и *понижающий*. Основным недостатком автотрансформатора является то, что радиоустройства, питающиеся от него, непосредственно соединены с электросетью, поэтому шасси такого радиоаппарата нельзя заземлять.

**Дроссели низкой частоты** применяются в фильтрах выпрямителей для сглаживания пульсации выпрямленного тока. Отличительной особенностью их является наличие только одной обмотки, индуктивность которой определяет степень фильтрации пульсирующей составляющей выпрямленного тока.

Несмотря на различные функции низкочастотных трансформаторов и дросселей, основные физические процессы, протекающие в них, одинаковы. Независимо от типа и назначения трансформаторы и дроссели конструктивно состоят из следующих элементов: магнитопровода (сердечника), предназначенного для прохождения с минимальными потерями магнитного потока, возбуждаемого электрическим током, катушки с обмотками, изолированными друг от друга и от магнитопровода, каркаса, предназначенного для размещения провода.

В трансформаторах и дросселях часто наблюдаются такие неисправности: обрыв обмоток или их межвитковое замыкание, пробой или замыкание обмоток на корпус. Электрическое сопротивление обмоток и отсутствие замыкания на корпус проверяют омметром. При межвитковом замыкании омметр показывает сопротивление обмотки меньше, чем приведено в технических данных трансформатора. Наличие короткозамкнутых витков в обмотках силового трансформатора можно определить по температуре нагрева обмоток. Если через 2—3 минуты после включения трансформатора без нагрузки обмотки значительно нагреваются, это свидетельствует о наличии короткозамкнутых витков.



Магнитные головки маркируют буквами и цифрами: первая буква указывает значение головки: А — запись, В — воспроизведение, Д — универсальная, С — стирающая.

1-я цифра обозначает ширину ленты: 6 — 6,25 мм, 3 — 3,81 мм; вторая цифра показывает число одновременно воспроизводимых, записывающих или стирающих дорожек: 1 — однопорожечная, 2 — двухдорожечная; третья цифра указывает на число дорожек в двух направлениях: 2 — две дорожки, 4 — четыре дорожки; последняя цифра обозначает группу сложности: 0 — высшая, 1 и 2 — низшая.

Две предпоследние цифры обозначают номер модернизации. Например, маркировка головки, обозначенная 3Д24.080, расшифровывается так: головка для работы с лентой шириной 3,81 мм, универсальная, может одновременно работать с двумя дорожками, а в двух направлениях — с четырьмя, высшей группы сложности, восьмой модификации.

Параметры различных магнитных головок приведены в табл. 8.

Таблица 8

Тип головок	Индуктивность мГн	Ток подмагничивания, мА, не более	Ток записи, мА, не более	ЭДС воспроизведения, мВ, не менее	Относительный уровень проникновения, дБ, не хуже	Потери перекося зазора, дБ	Ксэффициент гармоник, %	Действенный процентный гамма-ресурс, ч, не менее
6А24.080	17—23	2,3	0,28	—	—30/—45	2,0	2,5	4000
6А24.710	19—31	4,3	0,7	—	—43/—25	2,0	3	4000
6В24.710	300—500	—	—	0,6	—45/—25	1,3	—	4000
6В24.080	120—200	—	—	0,56	—50/—40	2,0	—	3150
6Д24.711	50—100	0,5	0,15	0,33	—40/—22	3,0	3	4000
3Д24.080	90—180	1,0	0,064	0,25	—40/—30	1,3	—	5000
3В44.012	130—180	—	—	0,22	—30/—23	2,0	—	2150

Магнитные ленты. Основные параметры для различных типов магнитных лент приведены в табл. 9.



Таблица 9

Параметр	Нормы для различных типов магнитных лент							
	A4402-6Б	A4407-6Б	A4409-6Б	A4305-6Б	A4307-6Б	A4309-6Б	A4203-3	A4205-3
Относительная средняя чувствительность, дБ, не менее	$1,5 \pm \pm 1,5$	2	3	3	2	-0,5	$-1 \pm \pm 1,5$	$0 \pm 1$
Относительная частотная характеристика, дБ, не менее	-3,5	4	6	6	4	-1,5	-2	—
Нелинейные искажения, %, не более	3	2	2	2,3	2,5	2,3	3,5	1,2
Относительный уровень шума паузы, дБ, не более	-50	-54	-56	-57	-52	-57	-42	2—48
Коробление, мм, не более	0,2	0,2	0,15	0,1	0,2	0,1	0,15	—
Относительное удлинение, %, не более (при нагрузке)	1,4 (10Н)	1,4 (10Н)	1,4 (10Н)	1,8 (10Н)	0,6 (4Н)	0,6 (4Н)	1,5 (2Н)	0,7 (2Н)
Абразивность, мкм/м, не более	0,1	0,1	0,05	0,05	0,1	0,05	0,1	0,1

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов Н. Ф., Дрыга Е. В., Суханов Ю. И. Справочник по бытовой приемно-усилительной аппаратуре.— М.: Сов. радио, 1980.— 620 с.
2. Березовский М. А., Писаренко В. М. Краткий справочник радиолюбителя.— К.: Техника, 1975.— 438 с.
3. Бенин М. С., Подунов А. С. Звукотехника.— М.: Изд-во ДОСААФ, 1976.— 160 с.
4. Бродский М. А. Бытовая радиоаппаратура.— Минск: Полымя, 1980.— 290 с.
5. Высоцкий М. З. Системы кино и стереозвук.— М.: Искусство, 1972.— 335 с.
6. Дж. Гарднер. Овладейте искусством магнитной записи.— М.: Радио и связь, 1981.— 240 с.
7. Гапзбург М. Д. Электродвигатели для магнитофонов и ЭПУ.— М.: Энергия, 1980.— 78 с.
8. Гершунский Б. С. Основы электронной и полупроводниковой техники.— К.: Вища шк., 1971.— 312 с.
9. Кинг Г. Руководство по звукотехнике / Пер. с англ.— Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1980.— 384 с.
10. Козюренко Ю. И. Запись и перезапись магнитных фонограмм.— М.: Энергия, 1980.— 120 с.
11. Мало Я. М. Магнитная лента.— М.: Энергия, 1975.— 75 с.
12. Подунов А. С., Кречмар С. И. Магнитофоны.— К.: Вища шк., Головное изд-во, изд. об-ния «Вища шк.», 1976.
13. Фурдуй В. В. Моделирование в архитектурной акустике // Техника кино и телевидения.— 1965.— № 10.— С. 75—81.
14. Фурдуй В. В. Предельное усиление звука в закрытых помещениях // Акустический журнал.— 1965.— № 11.— С. 387—393.
15. Чабай Д. Кассетные магнитофоны / Пер. с венг. М.: Связь, 1978.— 160 с.
16. Шевченко Б. И., Гкаченко В. И., Митьевский В. Л. Бытовая аппаратура магнитной записи.— М.: Связь, 1980.— 120 с.
17. Козюренко Ю. И. Современный магнитофон.— М.: Знание, 1981.— 64 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Магнитная запись и воспроизведение звука . .	6
Классификация магнитофонов . . . . .	24
Структурные схемы моно- и стереомагнитофонов	26
Лентопротяжные механизмы магнитофонов и их основные узлы . . . . .	33
Стереофонический магнитофон «Юпитер-203- стерео» . . . . .	37
Рекомендации по эксплуатации, регулировке и ре- монту магнитофонов . . . . .	60
Источники электропитания устройств магнитной записи . . . . .	71
Организация и методы работы школьной студии звукозаписи . . . . .	87
Компоненты и элементы магнитофонов . . . .	102
Список литературы . . . . .	111

### СЕРИЯ «ЮНОМУ ТЕХНИКУ»

МАРК САМУИЛОВИЧ БЕНИН,  
АВГУСТ СЕРГЕЕВИЧ ПОДУНОВ

#### Звук на магнитной ленте

Зав. редакцией физики *Н. Е. Зубченко*. Редактор *Э. А. Куче-  
рова*. Литредактор *Н. Н. Василенко*. Художеств. редактор  
*Е. Н. Волковинская*. Обложка художника *В. А. Гурлева*. Тех-  
нич. редактор *Л. М. Бондарева*. Корректор *Р. И. Борисенко*

Информ. бланк № 6160

Сдано в набор 26. 06. 86. Подписано к печати 16. 01. 87. БФ 29007.  
Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная.  
Способ печати высокий. Условн. печ. лист. 5,88. Условн. кр.-отт.  
6,19. Уч. изд. лист. 6,45. Тираж 160 000 экз. Изд. № 29893. Зак.  
№ 1537-6. Цена 20 к.

Издательство «Радянська школа»,  
252053, Киев, Ю. Коцюбинского, 5.  
Львовская книжная фабрика «Атлас»,  
290005, Львов, Зеленая, 20.

20 к.

