

# Видеоманитофон «Электроника Л1-08»

И. М. Александров, Р. П. Бессуднов, Н. Н. Дмитриев,  
В. П. Ковцов, Ю. В. Королев, И. А. Слуцкий

В ближайшие годы ожидается широкое применение видеоманитофонов (ВМ) [1, 2]. Однако наметившаяся тенденция может сдерживаться высокой стоимостью магнитной видеоленты. В связи с этим особый интерес представляют ВМ, обеспечивающие достаточно высокое качество воспроизводимого изображения при малом расходе ленты за один час записываемой программы [3—5].

Ниже рассматриваются основные принципы и особенности построения лентопротяжного механизма (ЛПМ), электронных систем и конструкции таких устройств на примере черно-белого ВМ «Электроника Л1-08» (рис. 1), рассчитанного на массовое применение. На основании проведенной аналитической оценки и прогнозирования технического уровня ВМ [6], а также анализа зарубежных стандартов и рекомендаций на ВМ массового применения в качестве исходных данных для проектирования были приняты следующие принципы:

1. Использование экономичного полуквадрового способа записи [7], совместимого со способом записи по проекту международного стандарта [8]. Известно [9], что статистические исследования по выявлению избыточности обычного ТВ-сигнала показали возможность сжатия его полосы в среднем в 2,3 раза, что и было сделано в непрофессиональной видеозаписи за счет уменьшения верхней граничной частоты с 6 до 2,5 МГц. Таким образом, была устранена избыточность изображения вдоль ТВ-строки. Но так как выявлено существование большой связи между соседними элементами изображения и в других направлениях, то логично уменьшить избыточность и в вертикальном направлении в том же отношении, т. е. примерно в два раза за счет пропуска в каждом кадре одного ТВ-поля. Субъективное восприятие воспроизводимого ТВ-изображения, в котором таким методом уравнивается четкость в различных направлениях и устранена избыточность, практически не ухудшается.

2. Обеспечение минимального повреждения и износа ленты в процессе эксплуатации.

3. Выполнение электронной части ВМ с максимальным использованием специальных интегральных схем (ИС).

4. Обеспечение оптимального взаимодействия электронных и механических узлов, их простоты и надежности.

5. Обеспечение минимальных объема, массы, энергопотребления и себестоимости при максимальной длительности программы с целью получения возможно большего значения коэффициента потребительской ценности [6].

## Лентопротяжный механизм и блок вращающихся видеоголовок

ЛПМ в значительной степени определяет стабильность воспроизводимого изображения, а также качество воспроизведения звукового сопровождения. Основные функции, выполняемые ЛПМ:

1. Обеспечение заданной стабильности и траектории движения ленты и вращающихся головок.

2. Обеспечение постоянного натяжения ленты на входе блока вращающихся головок (БВГ).

3. Обеспечение минимально возможного износа и деформации ленты при всех режимах работы.

4. Обеспечение компактности, простоты, надежности и ремонтоспособности.

Обеспечение заданной стабильности скорости и траектории движения ленты и вращающихся головок во многом связано с решением второй и третьей задач, а также с независимостью приводных систем ЛПМ и БВГ, позволяющей исключить их взаимное влияние. Кроме того, заданная стабильность скорости ленты и вращающихся головок обеспечены за счет: использования колебательной системы натяжной штырь 1 (рис. 1, 2) — маховик 2 ведущего узла в качестве двухзвенного механического фильтра;

использования фильтрующих свойств ременной передачи 3 от приводного двигателя 4 к ведущему валу 5;

смещения частот возмущения скорости в зону, обрабатываемую системой автоматического регулирования (САР) БВГ (0—1 Гц) или петлей фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) телевизора (0—10 Гц);

смещения частот источников возмущений, не обрабатываемых САР БВГ и ФАПЧ в возможно более высокочастотную часть спектра;

использования коротких отрезков ленты между элементами ЛПМ и оптимального с точки зрения исключения релаксационных автоколебаний материала для направляющих барабанов БВГ 6.

Минимальные износ и деформация ленты в разработанном ЛПМ обеспечены за счет такой схемы движения ленты, при которой ее рабочий слой контактирует с минимальным количеством неподвижных направляющих элементов (БВГ 6 и блок универсальных магнитных головок 7). Наклон БВГ 6 и направляющих штырей 8 и 9 рассчитан так, чтобы обеспечить пространственный винтовой переход ленты с минимальной ее деформацией. Для обеспечения взаимозаменяемости видеодограммы натяжение ленты на входе БВГ 6 поддерживается механизмом регулирования, стабиль-

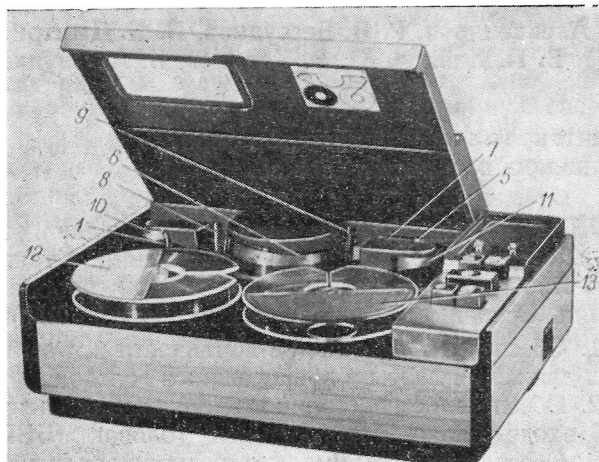


Рис. 1. Видеомагнитофон «Электроника ЛП-08»

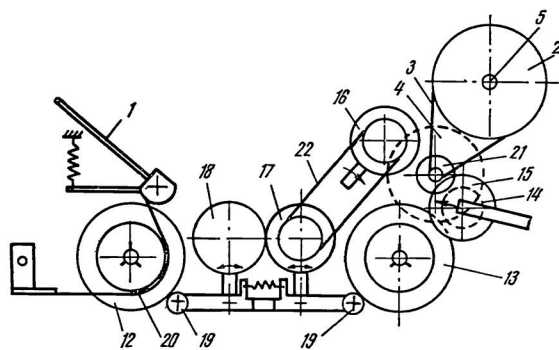


Рис. 2. Приводной механизм ЛПМ

ным в пределах  $0,45 \pm 0,07$  Н [8], что также улучшает условия эксплуатации ленты. В режимах перемотки в зонах наибольшего натяжения лента огибает вращающийся направляющий ролик 10 и прижимной ролик 11. Это уменьшает износ и деформацию ленты и головок и снижает энергопотребление ЛПМ.

Компактность, простота, надежность и ремонтоспособность ЛПМ и БВГ обеспечены за счет простой кинематической схемы с симметричным расположением роликов 10, 11 и подающего и приемного узлов 12, 13, блочного построения функциональных узлов и размещения их на общей несущей плате.

Установка БВГ 6 под углом к направлению движения ленты обеспечивает расположение подающего и приемного узлов 12 и 13 в одной плоскости.

Находясь в контакте с вращающимися головками, лента огибает БВГ 6 по винтовой линии в пределах угла охвата  $181^\circ 26'$ . Угол охвата, пространственный переход ленты на БВГ, а также требуемое поперечное положение ее относительно диска с головками обеспечиваются цилиндрическими шты-

рями 8 и 9 и плоской винтовой направляющей, закрепленной на БВГ 6.

Привод диска с головками осуществляется электродвигателем постоянного тока (ДПМ-30-Н1-10А) через плоскоремennую передачу. Транспортирование ленты обеспечивается ведущим валом 5, к которому она прижимается роликом 11, имеющим обод из износостойкого полиуретана СКУ-ПФ. Вал 8 получает вращение от асинхронного электродвигателя КД-6-4-4У через плоскоремennую понижающую передачу 3. Жесткость ремня 3 и момент инерции маховика 2 ведущего вала 5 рассчитаны таким образом, что ременная передача работает как эффективный механический фильтр [10, 11].

В режимах записи и воспроизведения передача вращения приемному узлу 13 от электродвигателя 4 осуществляется через блок роликов 14 и 15, между которыми установлен фрикцион сухого трения.

В режиме «стоп» ролики 14 и 15, а также 16, 17 и 18 выведены из зацепления, а подкатушечники подающего и приемного узлов 12 и 13 заторможены дифференциальными колодочными тормозами 19.

В режимах прямой и обратной перемотки ленты одновременно с отводом тормозов 19 и тормозной ленточки 20 системы авторегулирования натяжения 1 ролик 16 вводится в зацепление с насадкой 21, а ролик 17 или 18 прижимаются соответственно к подкатушечникам приемного или подающего узлов 12 и 13. Шкивы на роликах 16 и 17 кинематически связаны ремнем 22 из полиуретана СКУ-ПФ, который обеспечивает плавный пуск ленты.

БВГ 6 — прецизионный узел, точность сборки которого невозможно обеспечить только за счет высокой точности его деталей, поэтому в его конструкции предусматриваются возможности регулировки бесконтактного токосъемника, синхродатчиков цилиндрических штырей 8, 9 и видеоголовки по углу, диаметру и вдоль оси вращения.

### Схема видеомагнитофона

Схема аппарата состоит из следующих основных блоков: видеоканал, система авторегулирования, звуковой канал, стабилизированный выпрямитель.

### Видеоканал

Видеоканал, структурная схема которого приведена на рис. 3, состоит из модулятора, усилителя воспроизведения (УВ), демодулятора и селектора.

Модулятор содержит фильтр низких частот, схему предварительной коррекции для подъема высокочастотных составляющих видеосигнала («пре-емфазис»), частотный модулятор и усилитель записи (УЗ) ЧМ-сигнала.

Демодулятор состоит из ограничителя, частотного детектора, фильтра низких частот (ФНЧ),

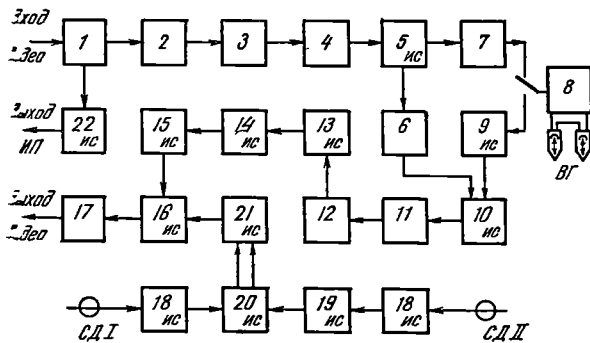


Рис. 3. Структурная схема видеоканала

видеоусилителя и схемы частотной коррекции, обратной вводимой при записи («деэмфазис»).

Селектор включает в себя непосредственно селектор импульсов полей входного ТВ-сигнала, формирователь импульсов синхродатчиков и формирователь импульсов для синхронизации телевизора в режиме «стоп-кадр».

ЧМ-модулятор состоит из двух элементов: управляемого по частоте мультвибратора с частотами в области девиации от 6 до 8,8 МГц и высокочастотного (ВЧ) триггера, который делит частоту колебаний мультвибратора на два. Достоинства такого ЧМ-модулятора заключены в лучшей передаче высших модулирующих частот, меньшем уровне проникновения модулирующих частот на выход модулятора малой величине второй гармоники в выходном ЧМ-сигнале за счет хорошей симметрии выходных колебаний. Кроме того, триггер выполняет функции ограничителя, что позволяет получить прямоугольную форму тока записи.

Для упрощения видеоканала применено последовательное соединение видеоголовок. Это позволило применить простой по конструкции бесконтактный токосъемник и одноканальные УЗ и УВ.

Как следует из рис. 3, входной видеосигнал проходит через ФНЧ 1, который ограничивает спектр сигнала до 2,5 МГц. Далее видеосигнал усиливается, фиксируется схемой 2 и проходит цепь предварительного корректора 3.

Скорректированный видеосигнал модулирует частоту генератора 4, имеющего собственную частоту 6,0—8,8 МГц, а ВЧ-триггер (делитель частоты) 5 переносит спектр частот генератора в область рабочих частот канала (3—4,4 МГц). Сигнал с триггера поступает на УЗ-7, выход которого через токосъемник 8 нагружен на видеоголовку (ВГ). ФНЧ 6, введенный в цепь контроля, ограничивает верхнюю боковую полосу ЧМ-сигнала, поэтому контролируемое изображение в режиме «запись» по частотной характеристике эквивалентно изображению, воспроизводимому с ленты.

Воспроизводимый с ленты ЧМ-сигнал поступает

на вход УВ 9. Для увеличения отношения сигнал/шум на высших частотах девиации используется резонансная коррекция во входной цепи. Контур, состоящий из приведенной ко входу усилителя индуктивности ВГ и подключенной параллельно емкости конденсатора, настраивается на частоту 4 МГц.

С выхода УВ ЧМ-сигнал поступает на амплитудный ограничитель 10, состоящий из четырех дифференциальных усилителей, из выходных импульсов которого частотный детектор 11 выделяет видеосигнал.

ФНЧ 12 подавляет в демодулированном сигнале несущую частоту. Видеосигнал усиливается в видеоусилителе 13, проходит через цепь коррекции 14, амплитудно-частотная характеристика которой обратна характеристике цепи коррекции в канале записи. Далее видеосигнал проходит через схему фиксации 15, после которой установлен ключ 16 для введения импульсов в режиме «стоп-кадр» и через эмиттерный повторитель 17 поступает на выход.

Схема синхронизации обеспечивает формирование сигналов импульсов полей (ИП) для работы САР и сигналов ИП, вводимых в видеосигнал в режиме «стоп-кадр». Импульсы СД I и СД II частотой 25 Гц формируются для получения требуемого размаха и формы в схемах 18. Сформированные импульсы СД II дополнительно задерживаются в схеме 19 для получения временного сдвига. СД II относительно СД I, равного 20 мс. Выходные импульсы формирователей датчиков поочередно «прокидывают» триггер 20, дающий в результате этого симметричные прямоугольные импульсы с частотой 25 Гц. Эти импульсы запускают мультвибратор-формирователь 21 импульсов 50 Гц с длительностью 500 мкс, вводимых в воспроизводимый видеосигнал в режиме «стоп-кадр» для обеспечения устойчивой кадровой синхронизации.

В видеоканале и в системе синхронизации применены десять ИС восьми типов: схема задержки, схема формирования импульсов СД, селектор ИП, НЧ-триггер, ВЧ-триггер, дифференциальный усилитель (ограничитель), видеоусилитель, усилитель высокой частоты.

#### Система автоматического регулирования

САР положения и скорости вращения диска головок построена по принципу фазовой автоподстройки частоты и предназначена для обеспечения заданного временного положения диска относительно импульсов полей входного видеосигнала в режиме записи и относительно записанных на ленте синхронизирующих импульсов в режиме воспроизведения.

Высокая стабильность скорости вращения диска обеспечивается применением астатического регу-

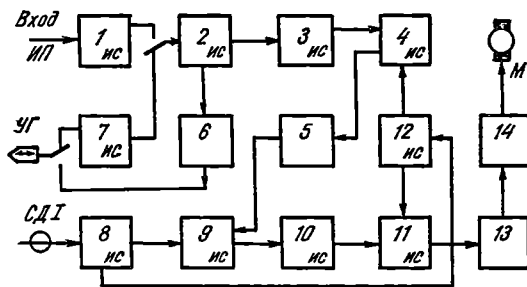


Рис. 4. Структурная схема САР

лятора с интегральным управлением фазовой петли регулирования. В переходных процессах основное управляющее воздействие создает статический регулятор — частотная петля регулирования. В установившемся режиме сигнал ошибки ключевого фазового дискриминатора (ФД) фазовой петли через преобразующее устройство корректирует величину сигнала ошибки в частотной петле и доводит остаточную ошибку до минимальной величины.

Структурная схема САР представлена на рис. 4.

Сформированный сигнал СДИ поступает на мультивибратор задержки 8, с одного плеча которого импульсы идут на формирователь сигнала трапецеидальной формы 12, а с другого плеча импульсы, задержанные на 24 мс, поступают на вход управляемого мультивибратора задержки 9 и далее на формирователь стробирующих импульсов 10.

В качестве частотного дискриминатора (ЧД) частотной петли использован ключевой фазовый дискриминатор 11, аналогичный по схеме ФД. На диагонали диодного моста поступают противофазные стробирующие импульсы и трапецеидальной формы сигнал. Сигнал ошибки ЧД через корректирующий фильтр 13 и усилитель постоянного тока 14 управляет скоростью вращения двигателя М.

Входной сигнал фазовой петли регулирования — ИП поступает на триггер 1, делится до частоты 25 Гц, задерживается мультивибратором задержки 2 и с выхода его импульсы одновременно поступают через УЗ 6 в синхроголовку для записи на ленту и в формирователь стробирующих импульсов 3. На ФД 4 поступают импульсы с формирователей 3 и 12.

Сигнал ошибки фазовой петли через корректирующий фильтр регулирует длительность задержки управляемого мультивибратора, устанавливая номинальный фазовый сдвиг между сигналами СДИ и ИП.

При нарушении фазового сдвига изменяется напряжение сигнала ошибки ФД, что приводит к изменению длительности задержки мультивибратора 9 и напряжения сигнала ошибки ЧД.

В режиме воспроизведения на мультивибратор 2,

вместо ИП с УВ 7 поступает управляющий сигнал воспроизводимый с ленты. В САР используются пять ИС четырех типов: УВ и триггер, управляемый мультивибратор задержки, формирователь трапецеидального и стробирующих импульсов и ФД, мультивибратор задержки и ФД.

### Звуковой канал

В связи с тем, что в непрофессиональной аппаратуре магнитной видеозаписи звуковой канал выполняет подчиненную функцию, его характеристики в основном соответствуют магнитофону III класса, предназначенному для записи и воспроизведения четырехдорожечных фонограмм [12]. Но так как скорость движения ленты, обусловленная принятым способом записи [4], составляет 7,9 см/с, верхний предел частотного диапазона уменьшен с 12,5 до 10 кГц.

Особенности канала — разделение каналов записи и воспроизведения для упрощения схемы коммутации сигналов и стирания видеороликов со стороны основы ленты для исключения износа ее рабочего слоя стирающей головкой.

Структурная схема представленного на рис. 5 канала содержит УВ 1, УЗ 2 и генератор стирания и подмагничивания (ГПС) 3.

Канал обеспечивает запись звукового сопровождения от ТВ- и радиоприемника, магнитофона, микрофона. УЗ работает с универсальной магнитной головкой, по своим параметрам соответствующей унифицированному ряду головок для бытовой звукозаписи.

УЗ и УВ построены на унифицированной ИС включающей 4 каскада усиления, выходные каскады и систему АРУ.

Уровень коррекции в области высоких частот в УЗ определен используемой лентой и осуществляется с помощью R—C-цепочки.

Частотная характеристика УВ соответствует стандарту [12]. Коррекция в области частот осуществляется также R—C-цепочкой.

ГПС построен по двухтактной схеме. Ввиду расположения стирающей головки со стороны основы ленты для обеспечения уровня стирания 60 дБ величина тока стирания увеличена до 160 мА.

В канале применены один тип ИС для УЗ и УВ.

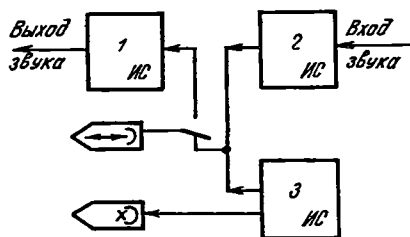


Рис. 5. Структурная схема канала звука

### Стабилизированный выпрямитель

Оценка качества ВМ [6] показала перспективность аппаратов с универсальным питанием. Поэтому в аппарате, несмотря на использование для привода ЛПМ двигателя переменного тока, схема стабилизации напряжения построена с учетом возможности работы от автономного источника питания.

Силовой трансформатор 1 (рис. 6) и диодный выпрямитель 2 размещены обособленно в одной зоне под ЛПМ. Питание схем осуществляется

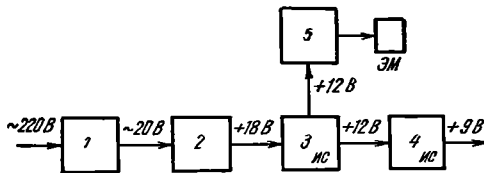


Рис. 6. Структурная схема питающего устройства

через предварительный стабилизатор +12 В 3 от стабилизатора +9 В 4. Оба стабилизатора представляют собой компенсационные стабилизаторы с последовательным регулированием и выполнены на толстопленочных ИС.

Переключатель обмоток электромагнита (ЭМ) прижимного ролика, представляющий собой реле времени 5 с задержкой включения 1—2 с, также выполнен на ИС.

### Конструкция видеомагнитофона

Контруктивно ВМ (рис. 1) состоит из следующих основных узлов и групп деталей: платы ЛПМ и коммутационных устройств, электронной части, корпуса с днищем, декоративных элементов.

Несущей для всех узлов и деталей является плата ЛПМ, изготовленная из листового алюминиевого сплава, в углах которой установлены опорные стойки.

Корпус ВМ закреплен на опорных стойках платы ЛПМ. Элементы ЛПМ сверху прикрыты декоративными деталями, формирующими тракт зарядки и движения ленты. В рабочем режиме зона движения ленты прикрыта крышкой, откидывающейся при зарядке ленты. В крышке над подающей катушкой имеется смотровое окно.

Все блоки выполнены на печатных платах и закреплены на единой раме под платой ЛПМ. Для удобства настройки и ремонта рама выполнена откидной, а печатные платы расположены монтажом наружу.

Разъемы для подключения источников видео- и звуковой информации расположены с задней стороны аппарата. Сбоку аппарата выведены кнопки переключателей «дубль» и «стоп-кадр».

Большая часть деталей ВМ изготовлена прогрессивными методами формообразования (штамповка, литье, прессование). Компоновка внутренних и наружных объектов и плоскостей, оригинальное художественно-конструкторское решение [13] позволили создать аппарат, по своим эстетическим характеристикам соответствующий требованиям, предъявляемым к современной аппаратуре видеозаписи массового применения.

Технические характеристики и общий вид видеомагнитофона приведены на третьей странице обложки.

### Выводы

Опытная эксплуатация аппарата показала, что принципы, реализованные в нем, и в первую очередь полукадровый способ записи, обеспечили выполнение основного требования, предъявляемого к видеопрограммам [14] — минимальный объем и вес при максимальной длительности непрерывного проигрывания (2,5 ч).

Посетителей различных выставок, знакомившихся с аппаратом, прежде всего привлекал этот параметр — длительность записи-воспроизведения, что позволяет записать без перезарядки ленты любую ТВ-программу (кинофильм, спектакль, футбольный матч и т. д.).

В условиях дефицита магнитной видеоленты и ее высокой стоимости положительно оценивалось снижение эксплуатационных расходов по сравнению со способом записи обоих полей ТВ-кадра.

Большая длительность программы в ВМ «Электроника Л1-08» уменьшает количество операций по зарядке ленты в тракт, что считается одним из недостатков катушечных ВМ по сравнению с кассетными и магазинными ВМ.

Опытная эксплуатация показала, что износ видеоголовки около 1 мкм за 100 ч существенно меньше, а срок службы видеоленты больше, чем в таком ВМ, как «Sony AV-3400».

Видеомагнитофон, эксплуатирующийся на отраслевой выставке второй год (более 1000 ч) до сих пор практически без заметного ухудшения изображения воспроизводит первоначально сделанные записи.

Изложенное позволяет считать, что катушечные ВМ с применением полукадрового способа записи являются наиболее простыми по конструкции и более экономичными и надежными в эксплуатации по сравнению с различными моделями кассетных видеомагнитофонов.

Видеомагнитофон «Электроника Л1-08» целесообразно использовать в качестве базовой модели для последующих модернизаций в области непрофессиональной видеозаписи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. JEI, 1973, 20, № 4, 18—20, 22, 26.
2. JEI, 1973, 20, № 7, 25, 26, 29—31.
3. Шулман М. Г., Костин В. А., Никонов Е. Н., Баронин М. П., Техника кино и телевидения, 1972, № 1, 38—45.
4. Авт. свид. СССР № 209530 от 11 октября 1965 г., кл. 21a<sup>1</sup>, «Изобретения...», 1968, № 5.
5. JSMPTE, 1972, 81, № 9, 766.
6. Слуцкий И. А., Александров И. М., Королев Ю. В., Техника кино и телевидения, 1973, № 3, 46—50.
7. Александров И. М., Королев Ю. В., Слуцкий И. А., Техника кино и телевидения, 1973, № 9, 55—58.
8. Проект стандарта «Helical Scan Videotape Cassette System for Domestic and Simular USE. IEC Technical Committee № 60: Recording Sub-Committee 60 B: Video Recording». 1973, октябрь.
9. Халфин А. М., Телевизионная техника, Л., «Энергия», 1971.
10. Мелик-Степанян А. М., Проворов С. М., Детали и механизмы киноаппаратуры, М. «Искусство», 1957.
11. Слуцкий И. А., Автореферат кандидатской диссертации «Исследование лентопротяжных механизмов видеоманитофонов», Л., ЛИКИ, 1971.
12. Магнитофоны бытовые. Классы. Основные параметры. Технические требования, ГОСТ 12392—71.
13. Свидетельство на промышленный образец № 4070 от 30 января 1974 г.
14. Комар В. Г., Налимов И. П., Ушагина В. И., Федчук И. У., Техника кино и телевидения, 1974, № 11, 20—29.