

## **ВИДЕОМАГНИТОФОНЫ В ЛНПО – ОАО «ПОЗИТРОН»: ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВО**

Изложены этапы разработки бытовых видеомагнитофонов от первой катушечной черно-белой модели с применением интегральных микросхем до последней кассетной цветной. Рассмотрены тенденции их развития и использования различных методов записи изображения, основные принципы и особенности построения лентопротяжных механизмов, электрических схем, узлов и конструкций видеомагнитофонов, а также их технические характеристики.

**Ключевые слова:** история видеомагнитофонов, «Позитрон»

В 1971 г. группа разработчиков видеомагнитофонов ЛОМО перешла на работу в ЛНПО «Позитрон», где в это время осваивалось производство микросхем, и требовалась разработка аппаратуры широкого применения для их использования. Разработка бытового видеомагнитофона (ВМ), как нового направления, была наиболее перспективной.

В 70-х годах в разработке и выпуске бытовых ВМ участвовали около 20 ведущих зарубежных фирм, не связанных единым стандартом. Как следует из [1–3] эти ВМ широко применялись в промышленности, образовании, коммерции и весьма ограниченно в быту из-за их высокой стоимости, больших эксплуатационных расходов на магнитную ленту и отсутствия единого стандарта. Наиболее перспективным был проект стандарта на кассетные ВМ с использованием хромдиоксидной ленты шириной 12,7 мм и диаметром цилиндра блока видеоголовок (БВГ) 105 мм, предложенный национальным комитетом Голландии и фирмой *Philips* [4], к которому присоединились шесть европейских фирм [5, 6, 7], приступивших к выпуску ВМ. Отечественные предприятия ориентировались на стандарты с диаметром цилиндра 140 мм – модель «ВК-1/2 ЛОМО», и диаметром 115 мм – модель «Электроника – 502 видео» для катушечных ВМ. Предпочтение проекту стандарта Голландии (2-я редакция) отдало большинство европейских стран.

В связи с этим перед разработкой новой модели возникла необходимость провести аналитическую оценку качества выпускаемых ВМ, выявить тенденции их развития, возможность разработки международного стандарта и выработки соответствующей технической политики. Для этой цели была разработана и предложена методика оценки технического уровня ВМ [8] с помощью абсолютных и относительных показателей, характеризующих их качество и потребительскую ценность. К абсолютным были отнесены: как основной – продолжительность записи и, связанные с ним, эксплуатационные расходы, а также объём, масса, энергопотребление и

стоимость ВМ. К относительным – набор технических возможностей ВМ, определяемый как сумма весовых коэффициентов этих возможностей.

Тогда основным препятствием для широкого использования ВМ была высокая стоимость магнитной ленты. Поэтому была рассмотрена возможность использования как основного полукадрового способа записи [9, 10], позволяющего вдвое снизить расход ленты. Проведённые анализ восприятия воспроизводимого изображения и расчёты [11] показали, что полукадровый способ записи в части магнитной сигналограммы, параметров видео и звукового каналов и сигнала синхронизации может быть идентичен стандарту [4] и принят для отечественных катушечных ВМ. Разработанная методика расчёта [11] позволила рассчитать геометрические параметры его сигналограммы для обеспечения совместимости в одной конструкции как предложенного полукадрового способа, так и способа с записью обоих полукадров [4].

Далее рассматривались решения по минимизации объёма, массы, энергопотребления и себестоимости. Основное внимание было уделено компоновке лентопротяжного механизма (ЛПМ) (рис. 1), определяющему

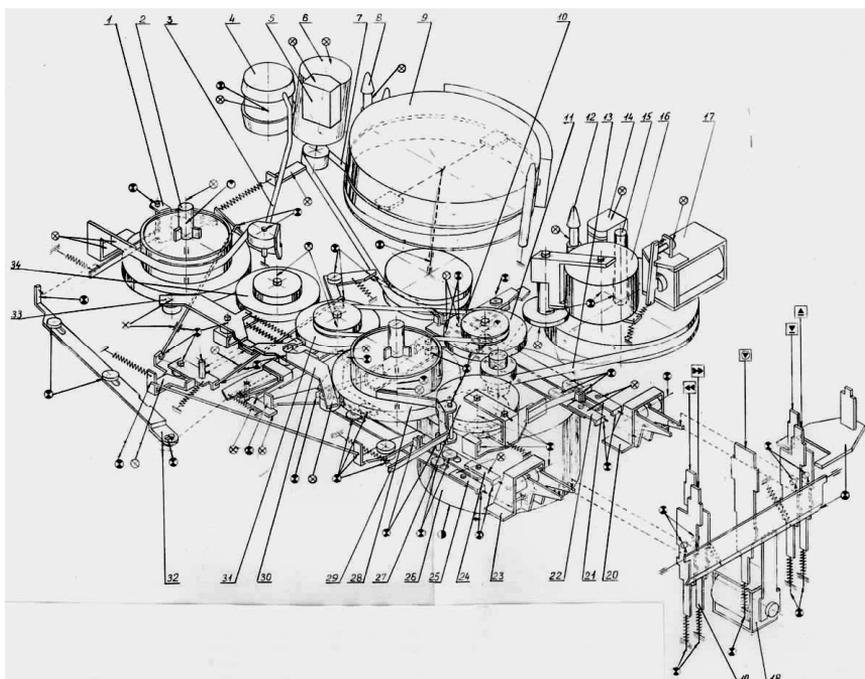


Рис. 1. Кинематическая схема ЛПМ видеомагнитофона «Электроника Л1-08»:

- 1–тормоз, 2, 28–подкатушники, 3–регулятор натяжения ленты,
- 4–направляющий ролик, 5,14–стирающая и синхрозвуковая головки,
- 6,26–электродвигатели, 7,10,13–ремни, 8, 12–направляющие колонки,
- 9–блок вращающихся головок (БВГ), 11–шкив перемотки, 15–ведущий вал,
- 16–прижимной ролик, 17,18–соленоиды, 19–переключатель,
- 20–25–механические элементы переключения, 27–фрикцион,
- 28–33–тормозная система, 31, 34–шкивы перемотки.

габариты ВМ, и обеспечению минимального износа и деформации ленты за счёт компоновки катушек, БВГ и панели управления (рис.2).



Рис. 2. Внешний вид видеомагнитофона «Электроника Л1-08»

Принципиальным отличием стало расположение катушек с лентой в одной плоскости в передней зоне ЛПМ, а БВГ – за ними под углом к направлению движения ленты. Это обеспечило контактирование рабочего слоя ленты с минимальным числом неподвижных направляющих элементов: только БВГ и синхрораздаточная головка. Принятая компоновка явилась претчей компоновки ЛПМ кассетных ВМ по стандарту *VHS*.

В отличие от европейских моделей было решено разделить привод БВГ и ведущего вала (УВВ), чтобы исключить их взаимное влияние, повысить точность работы системы авторегулирования (САР) БВГ. А замена в САР БВГ электромагнитной муфты на двигатель постоянного тока (ДПТ) и размещение его над платой ЛПМ, уменьшило высоту ЛПМ (рис. 3) и, соответственно, ВМ на одну треть относительно аналогов.

На основе микроэлектронной технологической базы ЛНПО «Позитрон» вся электронная часть ВМ была разработана на гибридных микросхемах: 17 тонкоплёночных (видео и звуковой каналы, системы авторегулирования) и 4 толстоплёночных (силовая часть), что было впервые в стационарной модели ВМ [12]. Электронные платы, имея малые размеры, компактно разместились на единой откидной рамке под платой ЛПМ, не выступая за её габариты (рис. 4). В БВГ установлены ферритовые головки.

Применение в видеоканале частотного модулятора [13], состоящего из управляемого мультивибратора, работающего на удвоенной частоте несущей, и триггера – делителя частоты на два, позволило улучшить частотную характеристику видеоканала и снизить влияние гармоник на 10...14 дБ.

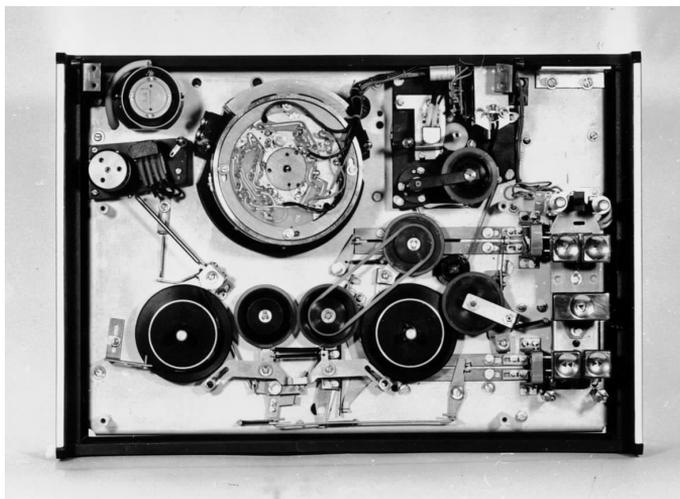


Рис. 3. ЛПМ видеомангитофона «Электроника Л1-08», вид сверху

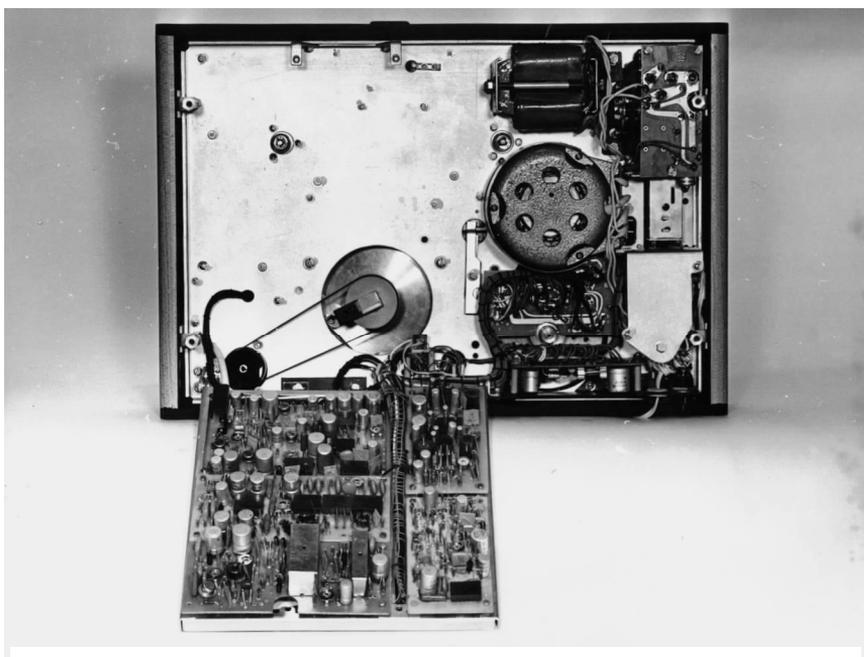


Рис. 4. Видеомангитофон «Электроника Л1-08»,  
вид снизу с откинутой рамкой с электронными платами

Разработанная в 1973 г. модель ВМ «Электроника Л1-08» [14], (на стадии опытных образцов ВФ-301 «Позитрон») имела оригинальное художественно-конструкторское решение [15] (рис. 5) и прогрессивные методы формообразования (штамповка, литьё, прессование), включая корпусные детали.

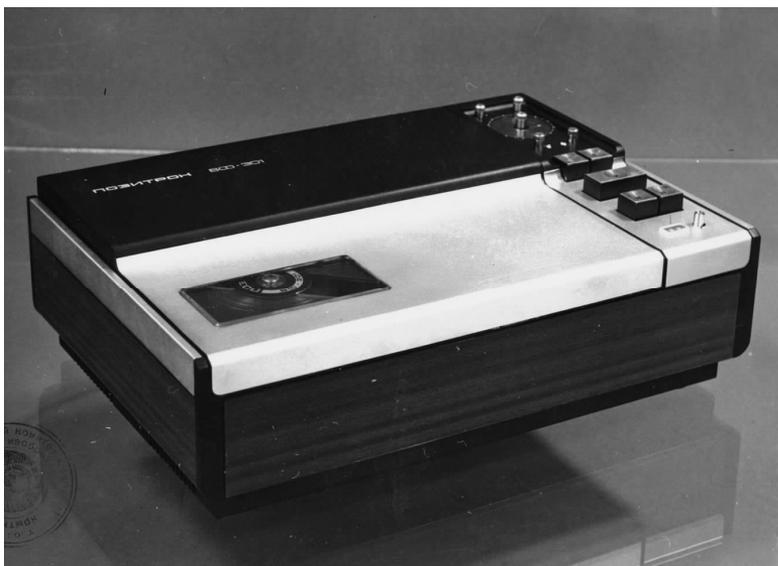


Рис. 5. Общий вид видеомэгаффона «Электроника Л1-08»

По техническим характеристикам [14], дизайну и эстетике ВМ «Электроника Л1-08» полностью отвечал требованиям, предъявляемым в то время к аппаратуре видеозаписи массового применения, обеспечивая в два раза меньший расход магнитной ленты на 1 час записи. Последнее обеспечило большой спрос ВМ в прикладном применении: ВУЗах, спорте, театрах, промышленности и домашних условиях. Партия ВМ успешно эксплуатировалась во Вьетнаме в охранной зоне мавзолея.

Быстрое развитие техники цветного ТВ, освоение производства цветных телевизоров поставили задачу записи цветных программ и на ВМ. Согласно стандарту МЭК [16] требовалось резко ужесточить требования к нестабильности средней скорости ленты: не более  $\pm 0,3\%$  против  $\pm 2\%$  для черно-белой записи. Для выполнения этого требования необходима была оптимизация узлов ЛПМ ВМ [17] и, в первую очередь, введение САР скорости ведущего вала. Наиболее конструктивно подходили плоские двигатели постоянного тока (ДПТ) с плоской печатной двухслойной обмоткой якоря [18], имевшие низкое напряжение питания.

Развитие микроэлектронной технологии создало предпосылки качественного скачка в микро-электромашиностроении – переходе на принципиально новую интегральную технологию изготовления плоской многослойной обмотки якоря с использованием точного химического фрезерования, позволяющую полностью механизировать и автоматизировать процессы.

Применение в ВМ двигателей постоянного тока с интегральной обмоткой (ДИО), имевших значительно меньший момент инерции и в которые легко было ввести внутреннее демпфирование, позволило повысить точность работы САР и обеспечить требования стандарта МЭК [16].

Для разрабатываемого цветного ВМ были проведены исследования и создана методика расчёта оптимальной геометрии многослойной интегральной обмотки ДИО на напряжение +12 В, обеспечивающая получение максимальной электромагнитной мощности при минимуме электромеханической постоянной [19]. В результате проведённых для оптимизации параметров БВГ и узла ведущего вала (УВВ) [17] с использованием ЭЦВМ расчётов был сконструирован ДИО с шестислойной обмоткой, равной по толщине двухслойной печатной обмотке (рис. 6) и максимально использующей магнитный поток полюсов статора.



Рис. 6. Двигатель постоянного тока с интегральной обмоткой якоря

Исходя из интегральных критериев качества, основные направления оптимизации электропривода – в снижении остаточной ошибки САР, массы, энергопотребления и объёма.

Так как все звенья САР, кроме исполнительного двигателя безынерционны, то ДИО, имеющий по сравнению с ДПТ меньшую на два порядка электромагнитную постоянную и представляющий в САР аperiodическое звено, позволяет повысить точность и увеличить быстродействие САР БВГ и УВВ. На рис. 7 представлен БВГ со встроенным ДИО.

На основе проведённого анализа для разработки катушечного цветного ВМ с полукадровым способом записи была принята кинематическая схема ЛПМ (рис. 8), по топологии аналогичная базовой [14], но с приводом от двух однотипных ДИО [17], работающих в САР. Простота конструкции ДИО и технологичность при серийном производстве дала ощутимый экономический эффект. Габариты и пропорции ДИО позволили полнее использовать внутреннее пространство ЦВМ, улучшить его компоновку и упростить конструкцию БВГ – встроить двигатель непосредственно в БВГ [20].

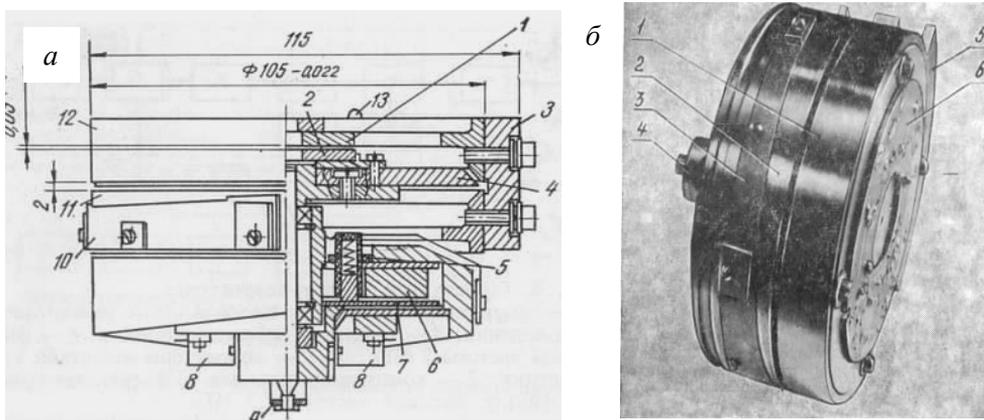


Рис. 7. Блок видеоголовок со встроенным двигателем постоянного тока с интегральной обмоткой якоря (ДИО):

*а* – конструкция: 1, 2 – индукционный токосъёмник, 3 – фиксатор, 4 – диск с видеоголовками, 5 – щеточный узел, 6 – статор (магнит), 7 – якорь, 8 – датчик оборотов, 10 – направляющая ленты, 11, 12 – барабаны.

*б* – общий вид: 1, 2 – верхний и нижний барабаны, 3 – направляющая ленты, 5 – фиксатор, 6 – предусилитель

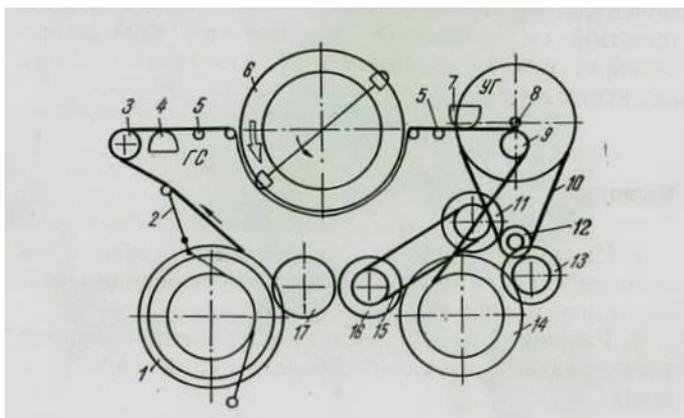


Рис. 8. Кинематическая схема лентопротяжного механизма видеомagniтофона «Электроника 551 видео»

1, 14 – подающий и приёмный узлы, 2 – регулятор натяжения ленты, 3 – направляющий ролик, 4, 7 – стирающая и синхровзвучная головки, 6 – блок вращающихся головок с ДИО, 8 – ведущий вал, 9 – прижимной ролик, 10, 15 – ремни, 11, 17 – шкивы, 12 – ведущий двигатель, 13 – фрикцион подмотки.

При разработке электронной части была повышена степень интеграции микросхем нового поколения и тем самым обеспечено минимальное количество навесных элементов, что позволило разместить её, в два раза большую по содержанию, чем у базовой модели, в том же объёме. Всего в ВМ использованы 24 микросхемы, в том числе 4 толстоплёночные.

Во вновь разработанном канале цветности введены обработка ЧМ сигнала и дополнительные коррекции относительно рекомендации МЭК с целью уменьшения перекрёстных искажений между сигналами яркости и цветности и уровень «муара» в сигнале цветности. Для контроля качества записываемого изображения в ВМ был введён сквозной контрольный видеоканал [21].

Системы авторегулирования БВГ и УВВ, по схемотехнике аналогичные ВМ «Электроника Л1-08», при работе с ДИО обеспечили необходимую для записи цветного сигнала динамическую точность: не хуже  $\pm 20$  мкс в БВГ и не хуже  $\pm 200$  мкс в УВВ.

Разработанный цветной ВМ (рис. 9) получил наименование «Электроника 551 видео» [22] по классификации МЭП. Широкое применение унифицированных заимствованных узлов и деталей, в том числе корпусных, сократило сроки разработки. Выпуск опытной партии и проведённые испытания подтвердили правильность заложенных в ВМ решений.

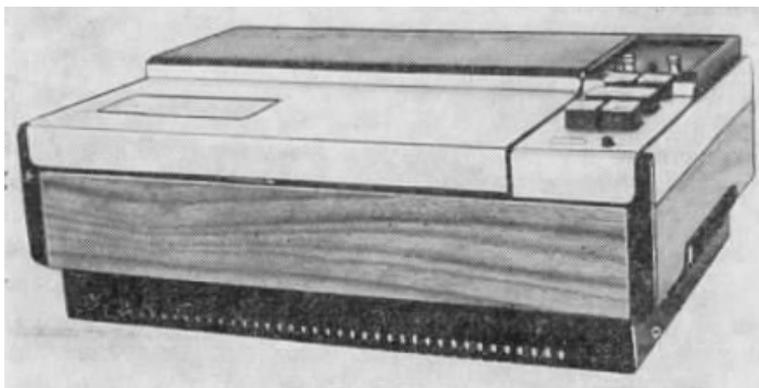


Рис. 9. Общий вид видеоманитофона «Электроника 551 видео»

В связи с появлением в продаже видеокассет с записанными по стандарту [16] программами для ВМ N1500 фирмы *Philips* и выпуском аналогичных ВМ в европейских странах в 1975 г. был разработан опытный образец носимого кассетного ВМ под указанный стандарт (рис. 10). В этом ВМ были в основном использованы схемотехнические решения ВМ «Электроника 551 видео», а ЛПМ – по компоновке соответствовал ВМ N1500 фирмы *Philips*, но в качестве подмоточного узла использовался узел с двухжорным ДИО (рис. 11) [17], а БВГ – со встроенным ДИО. Эксплуатационные испытания показали ненадёжную работу механизма заправки ленты из коаксиальной кассеты *Philips* (катушка над катушкой) в тракт ЛПМ и поэтому работы с указанной кассетой были прекращены.



Рис. 10. Общий вид переносного видеомagnитофона, работающего с кассетой фирмы Philips.

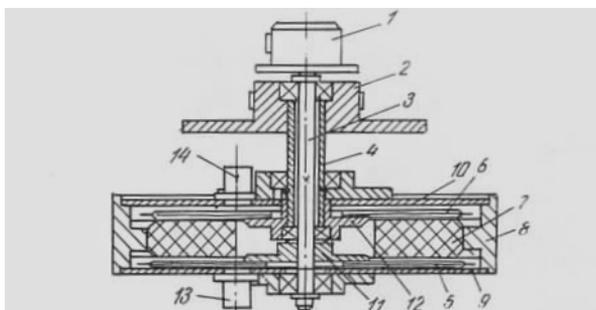


Рис. 11. Конструкция узла подмотки с двухякорным ДИО  
1,2 – подкатушники, 3,4 – рабочие валы, 5,6 – якоря с интегральной обмоткой, 7 – статор (магнит), 8 – корпус, 9,10 – крышки, 11,12 – фланцы крепления, 13,14 – щёткодержатели

В 1980 г. на отраслевом научно-техническом совете в Воронеже с целью выбора отечественного стандарта были рассмотрены применяемые в то время фирменные стандарты непрофессиональной видеозаписи с использованием кассет: фирмы *Philips* с коаксиальной кассетой, фирмы *Matsushita VHS* и фирмы *Sony Betamax* с планарными кассетами. Большинство специалистов, в том числе из ЛНПО «Позитрон», поддержали стандарт *VHS* как наиболее практичный и технологичный в электронной части и электромеханике относительно других. В дальнейшем стандарт *VHS* был принят техническим комитетом МЭК для всех ВМ.

Начатая в ЛНПО «Позитрон» разработка ВМ стандарта *VHS* была прекращена приказом Министра электронной промышленности в связи с принятым им решением о воспроизводстве силами НПО «Электроника», ЛНПО «Позитрон» и НПО «Спектр» кассетного ВМ *NV-2000* фирмы

*Matcushita* и элементной базы для него, включая твердотельные ИС, на профильных предприятиях министерства, а также закупке комплексного технологического оборудования для изготовления ЛПМ и сборки ВМ (в НПО «Электроника»). По этой программе за ЛНПО «Позитрон» закреплялись разработка и производство для всех участников кооперации блоков видео и звукового каналов, блока приёма телевизионных программ (тюнера) и передатчика, а также сборка ВМ в кооперации. ВМ получил наименование «Электроника ВМ-12» (рис. 12) и с 1985 г. крупносерийно выпускался в кооперации указанными тремя предприятиями (до 305 тыс. в год) вплоть до 1992 г. По своим характеристикам и эксплуатационным возможностям «Электроника ВМ-12» полностью соответствовал модели *NV-2000*.



Рис. 12. Общий вид видеомэгнофона «Электроника ВМ-12»

В процессе воспроизводства на предприятиях министерства созданы аналоги японской элементной базы, в том числе комплект больших интегральных схем для видеоканала (12 типов), что обеспечило его полное соответствие требованиям стандарта *VHS*. В разработке тюнера была использована схмотехника выпускаемого ЛНПО «Позитрон» цветного телевизора «Электроника Ц-421Д».

В 1987–89 гг. был заключен договор о научно-техническом сотрудничестве и совместном производстве видеомэгнофонов с фирмой *AVEX* (дочернее предприятие Теслы), ЧССР. По этому договору по кооперации фирма *AVEX* поставляла ЛПМ, производимый по лицензии фирмы *Philips*, и корпусные детали ВМ, а ЛНПО «Позитрон» – комплект разработанных электронных блоков. В 1990 г. в рамках договора в ЛНПО «Позитрон» были собраны 1000 ВМ под маркой «Электроника ВМЦ-54» (рис. 13). В следующем году фирма *AVEX* прекратила свою деятельность.

Успешно проведенные в 1989–90 гг. переговоры с фирмой *Philips* о передаче технологии и оборудования для изготовления ЛПМ, включая БВГ, и подписанный контракт не были реализованы из-за отмены запланированного ранее государственного финансирования сделки.



Рис. 13. Общий вид видеомэгнофона «Электроника ВМЦ-54»

Перестройка, проходившая в стране, исключила централизованное руководство научно-технической деятельностью и её финансирование. В 1992 г. в виду отсутствия в (теперь уже) ОАО «Позитрон» прецизионной механообработки и прекращения кооперации в производстве ВМ было принято решение об организации совместного производства ВМ или закупки лицензии на их производство у зарубежных фирм. Были проведены переговоры с фирмой *DAEWOO*, Корея и создано совместное предприятие ДЭПКО для сборки ВМ в ОАО «Позитрон» из узлов и блоков, поставляемых фирмой *DAEWOO* под торговой маркой «*DAEWOO-ПОЗИТРОН*» (рис. 14). В 1994-95 гг. были выпущены и реализованы 100 000 шт. ВМ.



14. Общий вид видеомэгнофона «*DAEWOO-ПОЗИТРОН*»

В связи с возникшим спросом на видеомэгнофоны «двойки», т. е. ВМ, совмещённые с телевизорами, была проведена разработка и изготовлены опытные образцы видеолы на базе серийного цветного телевизора «ПОЗИТРОН 27 ТЦ-5205», выпускаемого ОАО «Позитрон», и ЛПМ и схемотехники видео-мэгнофона «*DAEWOO-ПОЗИТРОН*». Размеры телевизора с кинескопом 27 см, соизмеримые с размерами разработанного модуля ВМ, позволили разместить «двойку» в компактном корпусе (рис. 15). Видеолола обеспечивала запись-воспроизведение в стандарте *VHS* принимаемых телевизионных программ чёрно-белого и цветного

изображения в системах *PAL* и *SECAM* телевизионных стандартов *D,K* (Российский стандарт) и *B,G* (Европейский стандарт). Через разъём *SCART* обеспечивались в режиме *AV* запись-воспроизведение видео- и звукового сигналов, работа с телеиграми и т. п. по сигналам *R, G, B*.

Проведённые испытания показали надёжную работу «двойки» и соответствие требованиям стандартов.



Рис. 15. Общий вид видеолы «ПОЗИТРОН»

Так как экономические условия в стране не привели к продлению контракта с фирмой *DAEWOO*, и Львовский завод в связи с отделением Украины прекратил выпуск кинескопов, все работы по видеозаписи в ОАО «Позитрон» были прекращены.

В таблице приведены технические характеристики видеомэгнитофонов ОАО «Позитрон».

Катушечные		
Модель видеомэгнитофона	Л1-08	551-видео
Система видеозаписи	Наклонно-строчная	
Способ записи	Полукадровый, запись одной видеоголовкой	
Скорость движения магнитной ленты, см/с	7,9	
Время записи-воспроизведения, не менее, мин.	150 (лента 17 мкм)	
Относительный уровень помех в сигнале яркости, не менее, дБ	-40	

<i>Продолжение таблицы</i>				
Относительный уровень помех в сигнале цветности PAL-SECAM, не менее, дБ	-		-38	
Разрешающая способность по каналу яркости, не менее, линий	250		250	
Диапазон воспроизводимых звуковых частот, Гц	100–10000			
Время перемотки ленты, не более, мин.	5			
Напряжение электропитания, В	220			
Потребляемая мощность, не более, ВА	50		54	
Масса, не более, кг	12		13	
Габаритные размеры, мм	410×282×150		410×282×165	
<b>Кассетные по стандарту VHS</b>				
Модель видеоманитофона	BM-12	BMЦ-54	DAEWOO Позитрон	Видеола
Система видеозаписи	Две вращающиеся видеоголовки, ширина ленты 12,7 мм.			
Способ записи	Покадровый, запись двумя видеоголовками, стандарт VHS			
Скорость движения магнитной ленты, см/с	2,34			
Время записи-воспроизведения, не менее, мин.	60/120/180 (в зависимости от толщины ленты в кассете)			
Относительный уровень помех в сигнале яркости, не менее, дБ	-38		-44	
Относительный уровень помех в сигнале цветности PAL-SECAM, не менее, дБ	-38			
Разрешающая способность по каналу яркости, не менее, линий	240			
Диапазон воспроизводимых звуковых частот, Гц	100...8000		40...10000	
Время перемотки ленты, не более, мин.	7		4	
Напряжение электропитания, В	220			
Потребляемая мощность, не более, ВА	43	35	32	60 (с ТВ)
Масса, не более, кг	10	7	7	12,5 (с ТВ)
Габаритные размеры, мм.	480×367×136	420×345×105	400×336×100	300×300×300

## Литература

1. *Japan Electronic Industry*, 1972, 19, №6, с.63–64.
2. *Electronic Design*, 1972, № 16, p. 32.
3. Offenheiser M., *Electronics*, 1973, 46, №1, pp. 47–49.
4. «Helical Scan Videotape Cassette System for Domestic and Simular USE. IEC Technical Committee №60: Recording Sub- Committee 60B: Video Recording», июнь 1972 г.
5. Schulz W., *Funkschau*, 1972, № 13, SS. 453–456.
6. *Grundig Revue*, 1971, SS. 22–23.
7. Mayer W., *Grundig technische Informationen*, 3/1971, SS. 912–918.
8. Слуцкий И. А., Александров И. М., Королёв Ю. В. Аналитическая оценка качества полупрофессиональных видео- магнитофонов. *Техника кино и телевидения*, 1973, №3, 46–50.
9. Авт. свидетельство СССР № 209530 от 11 октября 1965 г., кл. 21a<sup>1</sup>, «Изобретения...», 1968, № 5.
10. *J SMPTE*, 1972, 81, № 9, 766.
11. Александров И. М., Королёв Ю. В., Слуцкий И. А. О стандартизации сигналограмм видеомагнитофонов массового применения. *Техника кино и телевидения*, 1973, № 9, 55–58.
12. Александров И. М., Бессуднов Р. П. Разработка электронных систем видеомагнитофонов ВФ-301 «Электроника» в интегральном исполнении. Конференция по телевидению и радиовещанию, ГК СМ СССР по телевидению и радиовещанию, ВНИИТР, Москва, 16–18.04.1974 г.
13. Бессуднов Р. П. Частотный модулятор видеомагнитофона. *Техника кино и телевидения*, 1976, № 3, 36–38.
14. Александров И. М., Бессуднов Р. П., Дмитриев Н. Н., Ковцов В. П., Королёв Ю. В., Слуцкий И. А. Видеомагнитофон «Электроника ЛП-08». *Техника кино и телевидения*, 1975, № 5, 45–50.
15. Александров И. М., Кайналайнен Ю. Р., Ковцов В. П. Свидетельство на промышленный образец № 4070 от 30 января 1974 г. с приоритетом 15.05.1973 г.
16. «Helical Scan Videotape Cassette System Using 12,7 mm Magnetic Tape (50 Hz, 625 lines), Publication 511, IEC, 1975.
17. Александров И. М. Оптимизация параметров узлов видеомагнитофонов. *Техника кино и телевидения*, 1976, № 8, 37–40.
18. Raimond F. «Machines electriques tournantes perfectionnees». патент Франции № 116 0490, кл. H 02k, приоритет 07.11.56 г.
19. Александров И. М. Расчёт оптимальной геометрии интегральной обмотки двигателя постоянного тока видеомагнитофона. *Электронная техника, серия 5, Радиодетали и радиокомпоненты*, выпуск 6 (25), 1977.
20. Александров И. М., Слуцкий И. А., Пехов И. И. Узел блока вращающихся магнитных видеоголовок. Авторское свидетельство № 522517, Бюллетень «Изобретения...», № 27, 1976.
21. Александров И. М., Кузьмина З. И. Сквозной контрольный видеоканал для видеомагнитофонов с наклонно-строчной записью. НТС «Проблемы и перспективы развития телевизионного кинематографа», доклад, Московский Дом научно-технической пропаганды, 20–22 апреля 1977 г.
22. Александров И. М., Бессуднов Р. П., Ковцов В. П., Королёв Ю. В. Цветной видеомагнитофон «Электроника-551 Видео». *Техника кино и телевидения*, 1977, № 11, 54–59.

Статья поступила 23 марта 2010 г.