

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

---

## ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ЭВМ

*Под общей редакцией проф. В. А. Комарова,  
доц. А. В. Соловова*

Утверждено редакционным  
советом института  
в качестве методических указаний  
к лабораторной работе № 4

УДК 681.32

В работе рассмотрена структура памяти ЭВМ; описаны оперативная память и внешние запоминающие устройства ЭВМ третьего поколения; изложены принципы действия новых перспективных видов запоминающих устройств; приведена концепция виртуальной памяти.

Методические указания разработаны на кафедре "Конструкция и проектирование деталей аппаратов" и предназначены для студентов 0535 специальности, изучающих курс "Основы САПР". Могут быть использованы также при обучении студентов других машиностроительных специальностей института, на ФПК инженерств и преподавателей.

Составители: А.В.Соловов, И.А.Сичев

Рецензенты: В.Я.Деголев, кафедра "Техническая кибернетика" Куйбышевского авиационного института

**Ц е л ь р а б о т ы:** познакомить студентов с устройствами хранения информации и способами размещения информации на этих устройствах.

**П о р я д о к п р о в е д е н и я з а н я т и я.** Студенты предварительно, во внеаудиторное время, изучают данное руководство. Аудиторное занятие проводится по следующей примерной схеме:

демонстрация устройств хранения информации: типового элемента ОЗУ; пакета дисков ЕС ЭВМ; пакета дисков с СМ-2; гибкого магнитного диска; катушки с МД;

демонстрация работ НМД, НМЛ, кассетного НМД на ВК СМ-2 и ВК ЕС-1040;

прием зачета с помощью подосистемы программированного контроля знаний учебной САПР.

## **1. СТРУКТУРА ПАМЯТИ ЭВМ**

Наименьшей структурной единицей памяти ЭВМ является двоичный разряд, называемый **б и т о м**. Один бит может принимать только два значения: 0 или 1. Наименьшей структурной единицей, доступной пользователю ЭВМ, является восьмиразрядный двоичный код, называемый **б а й т о м**. С помощью 8 разрядов байта может быть закодировано  $2^8 = 256$  символов.

Для хранения чисел в современных ЭВМ обычно используют более крупные единицы информации — **с л о в а**, кратные байту. В ЕС ЭВМ длина слова составляет 4 байта, в СМ ЭВМ — 2 байта. Иногда при выполнении научных расчетов требуется повышенная точность. В этом случае для хранения чисел используют **д в о й н и м е с л о в а**.

Важнейшими характеристиками памяти ЭВМ являются ее объем, быстродействие и стоимость. Объем памяти принято измерять в байтах, килобайтах ( $1 \text{ кбайт} = 2^{10} = 1024 \text{ байта}$ ) или мегабайтах ( $1 \text{ Мбайт} = 2^{10} = 1024 \text{ кбайт}$ ). Быстродействие обычно характеризуется временем доступа к информации и скоростью ее выборки или записи. Стоимость обычно оценивается в единицах стоимости на один байт информации.

Увеличение быстродействия влечет за собой увеличение стоимости. Увеличение объема, при неизменном быстродействии, увеличивает общие затраты на всю память ЭВМ. Чтобы разумно сочетать эти три взаимно противоречивых критерия, память современных ЭВМ принято делить на два уровня: оперативную память (ОП) и память на внешних запоминающих устройствах (ВЗУ).

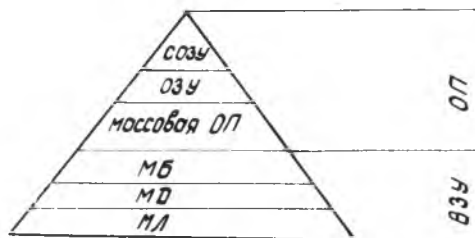
ОП имеет относительно небольшой объем и предназначается для размещения небольших программ и числовых массивов (или их фрагментов). ОП не может использоваться для длительного хранения информации, которая размещается в ОП только на период ее обработки процессором ЭВМ. ВЗУ имеют значительно большие объемы и предназначаются для размещения и длительного хранения больших массивов информации. ВЗУ гораздо дешевле, но их быстродействие значительно ниже, чем у ОП, поэтому информация с ВЗУ поступает на обработку в процессор через ОП ЭВМ.

В свою очередь, ОП современных ЭВМ делится на три подуровня: сверхоперативное запоминающее устройство (СОЗУ); оперативное запоминающее устройство (ОЗУ); массовая оперативная память большой емкости. Деление на подуровни обусловлено следующими причинами. Быстродействие ОЗУ обычно значительно ниже, чем быстродействие процессора, поскольку из экономических соображений их изготавливают с использованием различной элементной базы. СОЗУ имеет небольшую емкость, но быстродействие его соизмеримо с быстродействием процессора, поскольку изготавливается СОЗУ из таких же электронных блоков, что и процессор. Информация из ОЗУ поступает для обработки в процессор через СОЗУ. Таким образом, СОЗУ являясь своеобразным буфером между ОЗУ и процессором, позволяет существенно повысить производительность всей ЭВМ. Специалисты фирмы IBM подсчитали, что применение СОЗУ позволяет получить производительность, равную 64-96% той теоретической производительности ЭВМ, которая достигалась бы в идеальном случае - если бы машина располагала лишь одним запоминающим устройством, имеющим быстродействие СОЗУ, а емкость, равную обычному ОЗУ.

Массовая ОП имеет емкость в несколько раз большую, чем обычное ОЗУ, но и значительно более низкое быстродействие. Предназначается для размещения больших по объему фрагментов программы и числовых массивов, которые многократно используются при выполнении одной программы и в силу этих причин существенно увеличивают время работы программы, если хранятся на ВЗУ.

ВЗУ, используемые в современных ЭВМ, бывают трех типов: более быстрые – накопители на магнитных барабанах (НМБ) и накопители на магнитных дисках (НМД) и менее быстрые, но более емкие и дешевые – накопители на магнитных лентах (НМЛ).

Таким образом, память ЭВМ состоит обычно из нескольких видов запоминающих устройств (ЗУ). Все эти ЗУ образуют многоуровневую структуру памяти ЭВМ. Условно эту структуру можно представить в виде треугольника (рис. 1). Чем ближе к вершине треуголь-



Р и с. 1. Многоуровневая структура памяти ЭВМ третьего поколения

ника находится уровень памяти, тем большим быстродействием он обладает и тем менее емким и дешевым он является. Однако эта картина дает качественное представление о различных видах ЗУ. Количественные характеристики ЗУ приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Характеристики ЗУ ЭВМ 3-го поколения

Тип ЗУ	Емкость, кбайт	Время доступа, $\mu$	Время выборки, мкс	Скорость передачи данных, кбайт/с	Стоимость ЗУ, ед.стоим. на байт	Стоимость сменного носителя, ед.стоимости/байт
--------	----------------	----------------------	--------------------	-----------------------------------	---------------------------------	--

СОЗУ полупроводниково-	I	0	0,02 - - 0,1	-	$10^8 - 10^4$	-
------------------------	---	---	-----------------	---	---------------	---

Окончание табл. I

Тип ЗУ	Емкость, кбайт	Время доступа, с	Время выборки, мкс	Скорость передачи данных, кбайт/с	Стоимость ЗУ, ед. стоим. на байт	Стоимость сменного носителя, ед. стоим./байт
СОЗУ пленочные	1 - 30	0	0,1 - 0,3	-	$5 \cdot 10^2$ - $10^3$	-
ОЗУ ферритовые	100-1000	0	0,8 - 2,0	-	$5 \cdot 10^1$ - $2 \cdot 10^2$	-
Массовая ОП большой емкости на ферритах	$10^3$ - $10^4$	0	5 - 12	-	10 - 30	-
МБ	$10^2$ - $10^4$	0,01 - 0,05	ЗАВИСИТ ОТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЕД. ИНФОРМАЦИИ В МАССИВЕ ДАННЫХ	100 - 800	3 - 5	-
МД	$5 \cdot 10^3$ - $10^3$	0,02 - 0,2		60 - 125	0,1-1,0	$2 \cdot 10^{-3}$
МЛ	$10^4$ - $10^5$	0,5 - 2		40-80	0,1-0,8	$5 \cdot 10^{-5}$

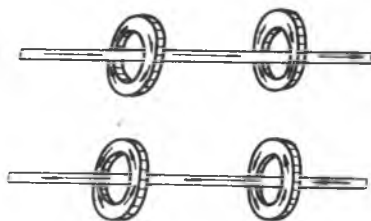
## 2. ОПЕРАТИВНАЯ ПАМЯТЬ

О П на ферритовых сердечниках. Элементной базой ОП ЭВМ третьего поколения являются, как правило, ферритовые сердечники с прямоугольной петлей гистерезиса. Такая память получила название магнитного оперативного запоминающего устройства (МОЗУ).

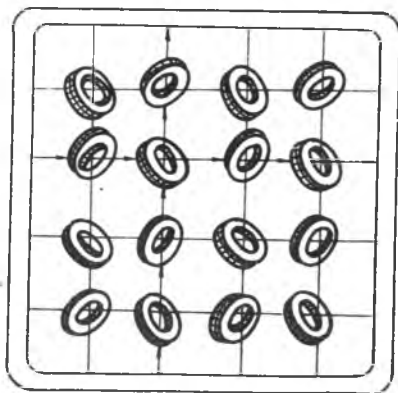
Ферритовый сердечник представляет собой кольцо малого диаметра (0,3 - 2 мм по наружной поверхности), изготавливаемое методом порошковой металлургии. Сердечник легко намагничивается, долго сохраняет остаточный магнетизм и легко перемагничивается. Если один или несколько сердечников намотать на провод и по проводу пропустить электрический ток величиной примерно 0,5 ампера, то сердечники намагнитятся. Направление магнитного поля зависит от направления тока (рис. 2). После отключения тока сердечники оста-

ются в намагниченном состоянии. Последующие небольшие токи не оказывают влияние на сердечники. Ток в 0,5 ампера или более может изменить направление магнитного поля сердечников, если будет пропущен в противоположном направлении. Следовательно, один ферритовый сердечник может хранить один бит информации. Намагниченность сердечника в каком-либо одном направлении принимается за единицу, а намагниченность в противоположном направлении - за нуль.

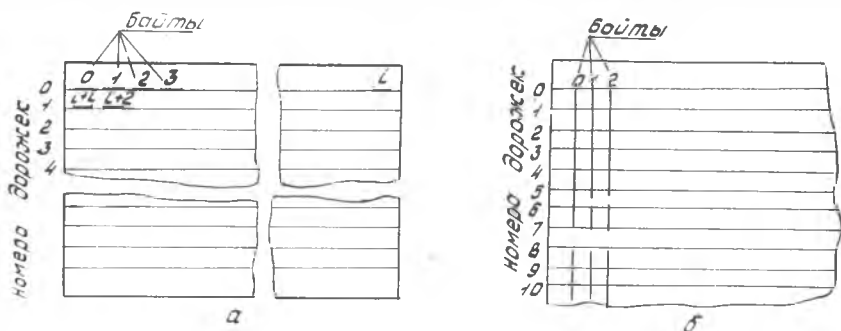
Расположив сердечники в виде прямоугольной матрицы, как показано на рис. 3, и используя токи в 0,25 ампера, можно воздействовать каждый раз только на один сердечник. Матрицы (платы) на ферритовых сердечниках собираются в блоки, на основе которых строятся МОЗУ.



Р и с. 2. Направление намагниченности ферритовых сердечников



Р и с. 3. Плата памяти на ферритовых сердечниках



Р и с. 5. Способы размещения информации на МБ: а - последовательный; б - последовательно-параллельный

Т а б л и ц а 2

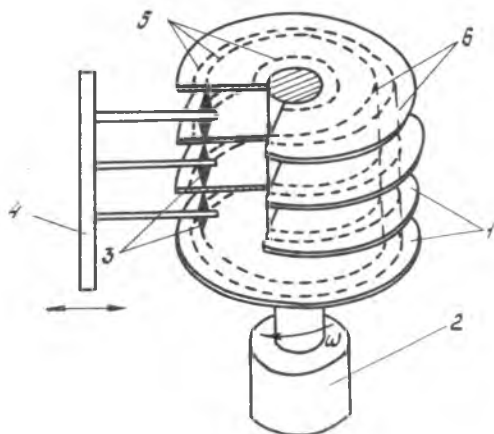
Характеристики МБ фирмы IBM

Модель	количество дорожек	Емкость дорожки, кбайт	Способ размещения	Емкость МБ, Мбайт	Скорость вращения, об/с	Время доступа, с	Скорость передачи информации, кбайт/с
2301	200	20	Последовательный	4,09	57	0,01	304
2303	200	4,9	Последовательно-параллельный (по 4 бита)	3,9	57	0,01	1200

#### 4. МАГНИТНЫЕ ДИСКИ

Магнитные диски относятся к ВЗУ с прямым методом доступа к информации. НМД в настоящее время используются более широко, чем НМБ. Принципиальная схема НМД показана на рис. 6. В состав ЗУ на МД входит пакет дисков 1. Диск похож на обычную грампластинку. Диаметр диска - 350-400 мм. Изготавливается обычно из дуралюмина и покрывается слоем магнитотвердого материала. Пакет МД обычно состоит из 6-25 дисков, отстоящих друг от друга на 25мм. Пакет приводится во вращение от электродвигателя 2. Скорость вращения - 33-50 об/с.





Р и с. 6. Принципиальная схема НМД: 1-диски; 2-электродвигатель; 3-магнитные головки; 4-механизм доступа; 5-дорожки; 6-цилиндр

Запись и чтение информации производится через магнитные головки 3, которые связаны с механизмом доступа 4. Каждая магнитная головка обслуживает дорожки 5, расположенные на одной стороне диска. Число таких дорожек составляет 200–500. Механизм доступа обеспечивает перемещение магнитных головок между дорожками. При вращении пакета магнитные головки как бы "плавают" на динамической воздушной подушке.

Все магнитные головки устанавливаются на одинаковом расстоянии от центра пакета. Совокупность дорожек, находящихся под магнитными головками при фиксированном положении механизма доступа называется *цилиндром*. Число цилиндров равно числу дорожек на поверхности дисков, а количество дорожек на цилиндре — числу рабочих поверхностей пакета. Обычно наружные поверхности верхнего и нижнего дисков пакета являются нерабочими, т. е. запись информации на них не производится. Цилиндры нумеруются от наружного края дисков к их центру, а дорожки в цилиндре, начиная с верхнего диска к нижнему.

Информацию на МД размещают последовательно, начиная с нулевого цилиндра. Внутри цилиндра информацию размещают также последовательно, начиная с нулевой дорожки. Таким образом адресный код при обращении к НМД состоит из трех частей: адреса цилиндра, адреса дорожки в цилиндре и адреса начального байта информации на дорожке.

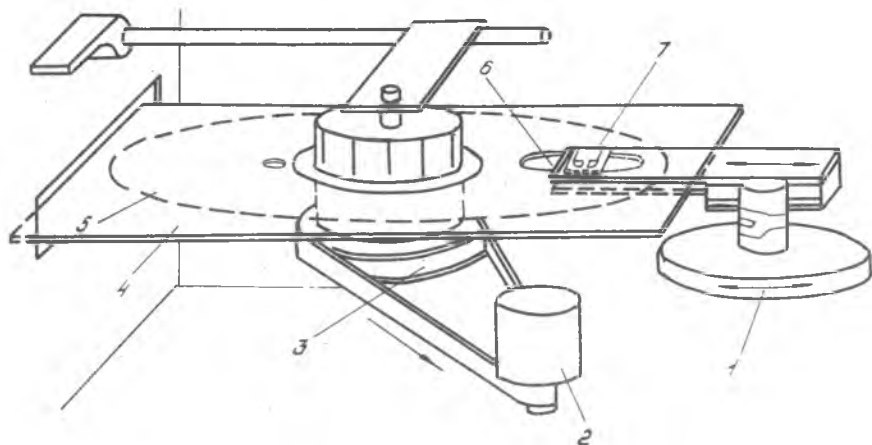
Время обращения к МД является суммой четырех составляющих: времени перемещения механизма доступа; времени коммутации головки; времени ожидания подхода начала информационного массива; времени передачи данных. Характеристики пакетов МД, используемых в ЕС ЭВМ даны в табл. 3.

Т а б л и ц а 3  
Характеристики пакетов МД ЕС ЭВМ

Модель	Число рабочих поверхностей	Количество дорожек	Емкость дорожки, кбайт	Емкость пакета, Мбайт	Скорость передачи данных, кбайт/с
2311 (сменные диски)	10	200	3625	7,25	156
2314 (сменные диски)	20	200	7294	29,17	312
2302	46	492	4984	112,79	156

В малых ЭВМ используют обычно упрощенные дисковые накопители, которые могут иметь как сменяемые, так и несменяемые диски. Так, НМД, предназначенные для работы в составе СМ ЭВМ, включают два диска: сменяемый (помещенный в удобную кассету) и фиксированный. На каждой из четырех поверхностей этих двух дисков размещается по 200 дорожек. Информационный объем каждого диска - 2,45 Мбайт. Скорость вращения дисков - 2400 оборотов/мин.

В последнее время начинают применяться, особенно для персональных ЭВМ, накопители на гибких магнитных дисках. По внешнему виду такой диск (рис. 7) похож на обычную гибкую грампластинку. Помещаемый в специальный конверт из плотной бумаги (с отверстиями для вала дисководов и блока головок), он весьма удобен для транс-



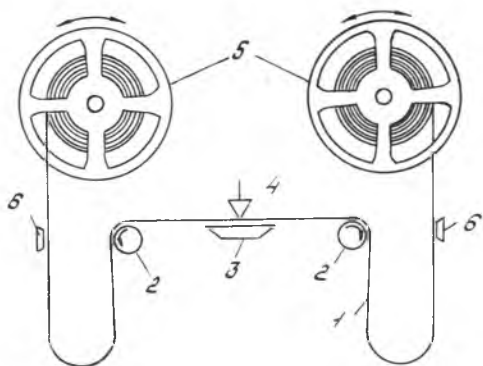
Р и с. 7. Принципиальная схема ЗУ на гибких МД: 1 - шаговый двигатель; 2 - двигатель; 3 - маховик; 4 - конверт; 5 - диск; 6 - паз для головки; 7 - головка

портировки и хранения. О технических характеристиках накопителей на гибких МД можно судить по устройству, включаемому в состав СМ ЭВМ. Устройство работает с двумя гибкими магнитными дисками, каждый из которых располагает 76 дорожками с максимальной плотностью записи до 128 бит/мм. Емкость каждого диска - 256 кбайт.

## 5. МАГНИТНЫЕ ЛЕНТЫ

Запоминающие устройства на МЛ относятся к типу устройств с последовательным доступом к информации. В устройствах такого типа невозможен прямой переход от ячейки памяти с адресом  $m$  к ячейке с адресом  $n$ . Для выполнения такого перехода нужно последовательно пройти все ячейки с промежуточными адресами, что является основным недостатком ВЗУ с последовательным доступом. Основные достоинства НМЛ: возможность длительного хранения больших объемов информации; меньшая удельная стоимость по сравнению с НМД; удобства транспортировки и хранения сменных носителей.

ЗУ на МЛ состоит из лентопротяжного механизма (ЛПМ, рис. 8)



Р и с. 8. Принципиальная схема ЛПМ:  
1-лента; 2-ведущие ролики; 3-тормоз;  
4-магнитная головка; 5-кассета; 6-  
фотозлемент

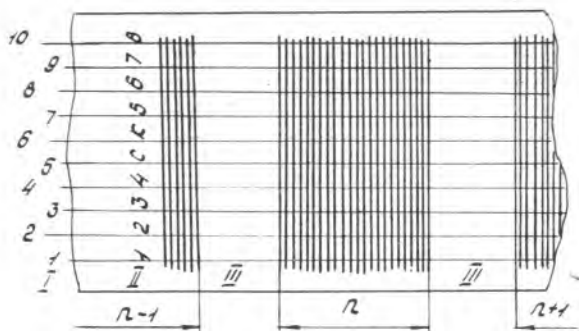
представляет 2 м/с. Запись и считывание информации осуществляются блоком магнитных головок 4. При движении лента перематывается между кассетами 5. Чтобы исключить выпадение ленты из кассет, к концевым обрезкам ленты приклеиваются маркеры начала и конца ленты. В качестве маркеров используются кусочки фольги, на которые реагируют фотодатчики 6. Сигнал с датчиков начала и конца ленты приостанавливает движение МЛ.

Информация на МЛ размещается так, как показано на рис. 9. МЛ содержит 10 дорожек. Дорожки 1-4 и 7-10 используются для записи разрядов 1-8 байта. Дорожка 5 служит для размещения синхронизирующих сигналов, которые отмечают позиции ленты, содержащие код байта. На дорожку 6 записывается признак четности кода байта, используемый для контроля правильности хранимой на ленте информации. Плотность записи информации обычно составляет от 16 до 64 бит/мм. Совокупность символов, записанных за одно обращение к МЛ, называется записью. Местоположение записи на ленте определяется ее порядковым номером, отсчитываемым от начала ленты. Записи разделяются стартовыми промежутками, величина которых достаточна для остановки и последующего разгона ленты.

Основные характеристики НМЛ, используемых в машинах серии ЕС ЭВМ, приведены в табл. 4.

В составе СМ ЭВМ, наряду с обычными НМЛ, которые были рас-

и устройства управления. В качестве сменного носителя наиболее широко используется МЛ шириной 12,7 мм в кассетах, содержащих 750 м МЛ. Лента 1 приводится в движение старто-стопным механизмом, состоящим из ведущих роликов 2 и тормоза 3. За счет контакта с правым или левым роликом лента может перемещаться в прямом или обратном направлении. Скорость движения ленты обычно сос-



Р и с. 9. Размещение информации на МЛ: I-номера дорожек; П-разряды байта; Ш-стартстопный промежуток;  $n-1, n, n+1$  - номера записей

Т а б л и ц а 4

Характеристики НМЛ ЕС ЭВМ

Модель	Количество дорожек	Плотность записей, бит/мм	Скорость движения ленты, м/с	Скорость обмена данными, Кбайт/с	Максимальная емкость, Мбайт
ЕС 5010	9	8; 32	2	64	25
ЕС 5015	9	63	4	252	44
ЕС 5019	9	8; 22; 32	3	30; 82,5; 120	25

смотрены выше, используются кассетные накопители на МЛ. Главной их отличительной особенностью является использование кассет, подобных употребляемым в бытовых магнитофонах. Они отличаются удобством в эксплуатации и небольшими габаритами, благодаря чему обычно встраиваются в один шкаф с другими устройствами малой ЭВМ. Кассетные накопители отличаются от обычных меньшей информационной емкостью, меньшей скоростью движения ленты и соответственно меньшей скоростью информационного обмена. Так кассетный накопитель СМ-5300 имеет скорость движения ленты 0,32 м/с, скорость передачи данных 10 Кбайт/с. Плотность записи информации на ленте составля-

ет 32 бит/мм , емкость одной кассеты чуть более 1 Мбайта. Основные достоинства кассетных накопителей: дешевизна, малогабаритность, простота эксплуатации.

## 6. НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ВИДЫ ЗУ

Рассмотренные выше ЗУ широко применяются в машинах третьего поколения: ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ. В стадии разработки и опытной эксплуатации находятся ЗУ, основанные на других физических принципах действия. К ним относятся ЗУ на магнитных доменах, приборы с зарядовыми связями, архивные ЗУ кассетного типа, ЗУ на электронно-лучевых трубках, лазерные ЗУ и др. Ниже дается краткое описание некоторых из этих ЗУ.

Память на магнитных доменах. Большие надежды по замене НМЛ и других электромагнитных устройств с движущимися частями возлагают на память на магнитных доменах. Дело в том, что в некоторых магнитных материалах могут создаваться устойчивые миниатюрные области постоянного намагничивания, способные под действием электромагнитного поля перемещаться по поверхности материала, сохраняя заданную намагниченность (величину и направление). Эти области, называемые магнитными доменами, становятся носителями информации, изменяемой и читаемой специальными неподвижными головками, подобно тому, как это делается в обычной магнитной записи. Однако, в отличие от такой записи, под головками движется не материальное тело, обладающее инерцией, а безынерциальное структурированное магнитное поле (в соответствии с записанной информацией). Таким образом, создается как бы безынерциальная лентопротяжка, способная практически мгновенно останавливаться и набирать скорость. Наличие такой возможности резко упрощает управление. Прогнозируется, что емкость таких ЗУ будет достигать нескольких сот мегабайт с плотностью записи несколько сот килобит на квадратный сантиметр.

Приборы с зарядовыми связями. Переносящее информацию движение в этих приборах осуществляется не магнитными доменами, а электрическими зарядами. Прогнозируется, что емкость и плотность записи в этих приборах будут примерно такие же, как и в ЗУ на магнитных доменах, а скорость информации -

ного обмена - значительно выше (порядка 75 Мбайт/о).

Архивные ЗУ кассетного типа. Такие ЗУ стали выпускаться в последние годы иностранными фирмами. Информационными модулями в них являются цилиндрические кассеты, содержащие внутри бобину с широкой (порядка 70 мм) магнитной лентой небольшой длины (порядка 20 м). Благодаря высокой плотности записи (250 бит/мм) и большому числу дорожек информационная емкость каждого такого модуля достаточно велика - 8 Мбайт на кассету.

Вследствие малой длины ленты время доступа к данным сокращается до нескольких секунд. Очень важно, что ЗУ такого типа включают в себя автоматизированную лентотеку. В такой лентотеке кассеты помещаются в автоматически адресуемые гнезда, соединенные пневмопочтой с одной или несколькими лентопротяжками. Выбранная кассета автоматически передается и устанавливается на соответствующую лентопротяжку, а находившаяся на ней ранее кассета возвращается в свое гнездо.

Автоматизированная лентотека, выпускаемая американской фирмой СДС, содержит 2000 гнезд, обеспечивая тем самым суммарную информационную емкость в 16 млрд. байт. Имеются сообщения об автоматизированных лентотеках емкостью в 500 млрд. байт, что соответствует примерно полумиллиону 500-страничных бумажных томов среднего формата, т.е. фонду хорошей библиотеки.

Архивные оптические ЗУ большого объема. Используются в качестве постоянной архивной памяти. В одном из выпускаемых в США устройств такого рода информация представляется в виде выжигаемых лазерным лучом микронных отверстий в металлических подложках, наносимых на поверхность стеклянных дисков и считываемых фотозлектрическим путем. На каждом диске имеется 10 таких подложек, а 8 дисков набираются в пакет, как это имеет место и в случае обычных магнитных дисков.

Благодаря очень большой плотности записи максимальная емкость пакета очень велика - порядка 16 млрд. байт. Время выборки имеет тот же порядок, что и для магнитных дисков. Удельная стоимость хранения информации в таких ЗУ фантастически низка (порядка трех миллионных долей цента на бит) по сравнению со стоимостью хранения обычной бумажной информации.

## 7. ВИРТУАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ

В зависимости от количества информации о задаче и величины области ОЗУ, отводимой для ее размещения, задача может размещаться в ОЗУ одним из следующих способов:

- полное размещение программы и данных;
- полное размещение программы и частичное - данных;
- частичное размещение программы и полное - данных;
- частичное размещение программы и данных.

Первый способ встречается лишь в небольших задачах. Распределение памяти по уровням в остальных трех способах ложится на программиста - он должен оптимально или хотя бы рационально распределить ресурсы и запрограммировать это распределение.

Частою программирование даже очень простых алгоритмов при подключении ВЗУ превращается в весьма сложную работу и требует высокой программистской квалификации. Еще более сложными являются процедуры обмена информацией между уровнями памяти, необходимые для организации мультипрограммной работы ЭВМ, особенно в режиме разделения времени. К тому же априорное планирование ресурсов памяти программистом является терпимым для малых и средних ЭВМ. Но для больших ЭВМ из-за неоптимальности такого планирования издержки становятся значительными. Поэтому возникает необходимость автоматизации работы с многоуровневой памятью.

Идеальной для программиста была бы некая абстрактная одноуровневая память. Такая одноуровневая память называется в и р т у а л ь н о й п а м я т ь ю (ВП). Ее емкость равна совокупной емкости ОЗУ и ВЗУ. Однако программист считает, что каждый адрес ВП доступен процессору. Таким образом, для обеспечения концепции ВП необходимо иметь в ЭВМ средства, обеспечивающие:

- преобразование виртуальных адресов, с которыми работает программист, в физические адреса ячеек;
- передачу информации из ВЗУ в ОЗУ, если требуемая информация в момент обращения к ней не находится в ОЗУ.

Эти требования обычно реализуются посредством страничной организации ВП. Страницы имеют размер 512-1024 слова, но бывают и меньше (32-128 слов). Физическая память делится на такое же, как и ВП, число физических сегментов с размерами, равными размерам страниц ВП.



При такой организации памяти выделяют два типа адресов: виртуальные и физические. Виртуальный адрес:  $\boxed{P | A}$  где  $P$  - номер страницы;  $A$  - номер ячейки страницы. С этими адресами работает программист.

Физический адрес по структуре аналогичен виртуальному:  $\boxed{S | A}$ . Здесь  $S$  - адрес сегмента, в котором указано, где он хранится (в ОЗУ или на ВЗУ);  $A$  - адрес ячейки сегмента.

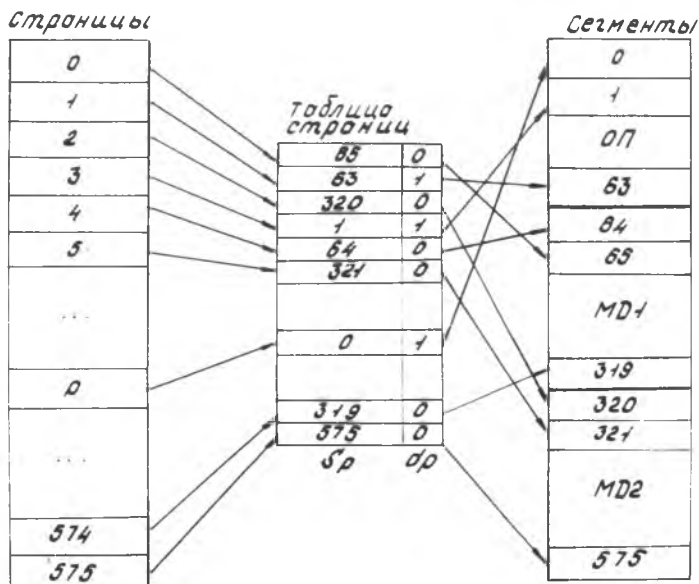
В процессе решения задачи страницы перемещаются между ОЗУ и ВЗУ. Если программе требуется страница  $P$ , то она вызывается в ОЗУ. Когда надобность в этой странице отпадает, то она перемещается из ОЗУ на ВЗУ, освобождая место для других страниц. В результате перемещения страница  $P$  может быть перемещена в любой другой сегмент памяти.

Характеристики текущего состояния памяти ЭВМ хранятся в таблице страниц (табл. 5). Каждой странице  $P = 0, 1, \dots, P, \dots, M$  соответствует одна строка таблицы. Значение  $S_p$  указывает физический адрес страницы. Бит  $d_p$  называется признаком доступности страницы. Если страница  $P$  находится в ОЗУ, то  $d_p = 1$ , если на ВЗУ, то  $d_p = 0$ . Параметры  $T_p$  и  $\theta_p$  характеризуют степень активности страницы в процессе вычислений. Смысл их таков. Операционная система ЭВМ анализирует эти параметры и, в зависимости от их значений в каждый момент времени, либо оставляет страницу в ОЗУ, либо перебрасывает ее на ВЗУ.

Т а б л и ц а 5

Таблица страниц ВП				
0	$S_0$	$d_0$	$T_0$	$\theta_0$
1	$S_1$	$d_1$	$T_1$	$\theta_1$
...	...	...	...	...
P	$S_p$	$d_p$	$T_p$	$\theta_p$
...	...	...	...	...
M	$S_M$	$d_M$	$T_M$	$\theta_M$

Порядок использования таблицы страниц иллюстрируется примером (рис. 10). В данном случае ВП имеет емкость 576 страниц, ко-



Р и с. 10. Соответствие между страницами ВП и сегментами физической памяти

горы могут размещаться в 64 сегментах ОП и на магнитных дисках МД1 и МД2 емкостью по 256 сегментов. Каждой странице 0, 1, ..., ..., 576 соответствует сегмент, адрес которого определен в таблице страниц. Естественно, что любое перемещение страницы сопровождается корректировкой ее физического адреса в таблице страниц.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких единицах измеряется объем памяти ЭВМ?
2. Какие единицы измерения информации применяют пользователи ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ?
3. Перечислите уровни памяти ЭВМ и укажите назначение каждого уровня.
4. Каково взаимное влияние объема, быстродействия и стоимости памяти ЭВМ?

5. В чем заключаются основные принципы работы МОЗУ?
6. Укажите достоинства и недостатки ОП на полупроводниках.
7. Нарисуйте принципиальную схему НМБ и расскажите о его работе.
8. Как влияют способы размещения информации на МБ на его быстродействие?
9. Нарисуйте принципиальную схему НМД и расскажите о его работе.
10. Дайте определение цилиндра.
11. Где применяются гибкие МД, каковы их преимущества и недостатки?
12. Каковы емкости стандартных пакетов МД для ЕС ЭВМ?
13. Нарисуйте принципиальную схему ЛПМ и расскажите о его работе.
14. Какова емкость стандартных кассет МД для ЕС ЭВМ?
15. Существуют ли принципиальные отличия в методах доступа к информации на МД и МЛ?
16. Перечислите перспективные виды ЗУ и укажите принципы их действия, основные достоинства и недостатки.
17. Зачем нужна виртуальная память?
18. Каким образом можно реализовать концепцию ВП?

## Л и т е р а т у р а

Г л у ш к о в В.М. Основы безбумажной информатики. - М.: Наука, Физматгиз, 1982, - 552 с.

М а й о р о в С.А., Н о в и к о в Г.И. Структура электронных вычислительных машин. - Л.: Машиностроение, 1979. - 384 с.

Д ж е р м е й н К. Программирование на IBM /360: Перевод с англ. - М.: Мир, 1978. - 870 с.