# ЛЕКЦИЯ № 8

**Тема. Накопители на жестких магнитных дисках**

# Конструкция и особенности функционирования.

Накопители на жестких магнитных дисках (НЖМД, HDD) по многим техническим характеристикам (информационной емкости, времени обращения, скорости обмена данными, надежности и др.) значительно превосходят НГМД, обеспечивая более производительную и надежную работу ПЭВМ. Их конструкции (форм-фактор) имеют, как правило, такие же размеры и диаметр дисков, что и НГМД, те же напряжения электропитания (5 В – логика и 12 В -двигатель). Наименование диска – жесткий – подчеркивает его отличие от гибкого диска: магнитное покрытие наносится на жесткую подложку.

1. Однако НЖМД содержат большее число прецизионных электромеханических узлов
2. двигатель привода дисков;
3. блок магнитных головок;
4. механизм привода и автоматической парковки головок;
5. печатная плата с электронными компонентами;

В геpмоблоке размещены все механические части, на печатной плате - вся управляющая электроника, за исключением пpедусилителя, размещенного внутpи геpмоблока в непосpедственной близости от головок.

## Корпус

Корпус состоит из основания и крышки. Внутри корпуса находятся все механизмы и некоторые электронные узлы (пpедусилитель и схема записи). Он предназначен для:

* защиты дисковода от проникновения внутрь пыли, влаги;
* защиты дисковода от механических повреждений;

Технология сборки НЖМД предусматривает их производство только в чистых помещениях, соответствующих требованиям класса 100. Это означает, что в одном кубическом футе воздуха может присутствовать не более 100 пылинок размером от 0,5 мкм (т.к. головки парят над поверхностью на высоте 0,08...0,12 мкм).

Вскрывать корпус можно только в производственных условиях, в так называемой "чистой зоне", что исключает попадание внутрь пыли и других вредных веществ. Накопители зарубежных фирм, как правило, имеют специальную надпись на верхней крышке корпуса. Надпись обычно выполняет роль предохранительной пломбы и гласит следующее: "Вскрытие изделия прекращает действие гарантии".

## Пакет магнитных дисков

Количество дисков в НЖМД в основном ограничивается высотой корпуса (и маркетинговыми соображениями) и составляет от 1 до 11.

Жесткий магнитный диск — круглая пластина.

Требования:

Самыми распространенными являются два типа рабочего слоя:

* оксидный;
* тонкопленочный.

Ранее применялись накопители, в которых для хранения информации применялся сравнительно толстый и менее долговечный слой *оксида железа*, который в виде ферролака наносился на рабочие поверхности дисков (такое же покрытие используется при изготовлении обычной магнитной ленты). Цвет диска получается коричневый или желтый.

В последние годы изготовители НЖМД сосредоточили свое внимание на повышении долговечности носителей и отыскании самых рациональных способов записи информации. Одним из наиболее важных достижений в этой области является появление носителей с *тонкопленочным напыляемым покрытием*.

При их изготовлении мелкозернистое металлическое соединение наносится на поверхность диска методом напыления. Современные модели накопителей работают с дисками, покрытыми слоем *сплава* *кобальта* толщиной порядка 0,025-0,08 мкм. Технология его нанесения близка к той, которая используется при производстве интегральных микросхем. Поверх магнитного слоя наносится очень тонкое (~ 0,025 мкм) углеродное защитное покрытие, имеющее высокую прочность. Цвет диска – серебристое зеркало.

В связи с тем, что слой напыляемого покрытия тоньше и однороднее, чем слой оксида, стало возможным записывать на диск информацию с большой плотностью. Это повлекло за собой сокращение числа необходимых для хранения информации дисков и уменьшение их того, эта зона нужна для размещения в ней головок записи-чтения при транспортировании НЖМД. Это исключает порчу информации в рабочей зоне при соприкосновении головок с поверхностью диска вследствие воздействия вибрации.

## Двигатель привода дисков.

Двигатель, приводящий во вращение магнитные диски, является шпиндельным (Spindel). Шпиндель – это ось, на которой собраны все пластины (диски).

Шпиндельный двигатель связан с осью вращения дисков непосредственно (без передаточных шестерен, пружин и т. п.). В первых моделях накопителей на жестких дисках шпиндельный двигатель располагался в их нижней части, под гермоблоком. Во многих современных устройствах двигатель встраивается внутрь пакета дисков, представляя собой центральную его часть. Такая конструкция позволяет, не изменяя размера накопителя по выкопителей с вращающимся шпинделем. Накопители для портативных компьютеров разрабатываются с учетом этих эффектов.

Для того, чтобы сократить время выхода накопителя в рабочее состояние, двигатель при включении некоторое время работает в форсированном режиме. Поэтому источник питания компьютера должен иметь запас по пиковой мощности. При установке нескольких НЖМД можно организовать их поочередное включение

## Блок магнитных головок

Все магнитные головки накопителя конструктивно объединенны в блок и размеще доступ к одноименным дорожкам с одинаковыми номерами, т.е. к цилиндру. При выполнении операций записи-чтения контроллер выбирает одну из головок, т.е. в каждый момент времени запись или чтение может производиться только на *одной* дорожке.

## Механизм привода и автоматической парковки головок

### Устройство механизм привода и автоматической парковки головок

ное достоинство – не возникают азимутальные погрешности. Его недостатком является значительная инерционность, снижающая скорость перемещения головок, а следовательно, и производительность накопителя.

*Привод с поворотным механизмом* перемещает головки по кривой, определяемой длиной позиционера. Плечи рычагов делаются разными – то, на котором размещены головки, имеет большую длину. Такой привод менее инерционен и может двигаться с большими ускорениями, что существенно сокращает время доступа к данным.

При поворотах позиционера головки совершают движение по дуге между центром и периферией дисков. Угол поворота позиционера подобран вместе с расстоянием от оси можно разделить на два основных типа: *с шаговым двигателем* и с *подвижной катушкой* (с открытым контуром и с обратной связью).

Механизм с шаговым двигателем

импульсов, подаваемых на его обмотки, может поворачиваться ступенчато, каждый раз на строго определенный угол. Этот угол может быть только кратен минимальному шагу, определяемому конструкцией двигателя. Вращательное движение вала шагового двигателя преобразуется в поступательное движение блока магнитных головок с помощью:

* зубчатой рейки и шестерни;
* червячной передачи;
* ленточной передачи (стальной ленты, намотанной на его ось).

Обычно каждому шагу ротора (повороту на фиксированный угол) соответствует перемещение головок на одну дорожку.

С точки зрения теории автоматического управления привод с шаговым двигателем является *разомкнутой системой* (то есть системой без обратной связи). Такая система не позволяет корректировать ошибки позиционирования блока магнитных головок вызванных различными причинами.

полем постоянного магнита возникает сила, вызывающая перемещение катушки, а следовательно, и блока головок. Управляя направлением и силой тока, можно быстро перевести блок головок в любое положение — произвольное, а не по фиксированным шагам. Но в такой системе позиционирования необходима обратная связь — информация о текущем положении головок, по которой контроллер может управлять приводом.

Привод, обеспечивающий точное позиционирование по сигналу обратной связи, называется *сервоприводом.*

Управление сервоприводом может быть оптимизировано по времени установления головок на требуемую позицию: когда отклонение от заданного положения велико, можно подавать больший ток, вызывающий большое ускорение блока. По мере приближения ток уменьшается, а для компенсации инерции в конце позиционирования ток может и поменять направление (активное торможение).

Такая система привода позволяет сократить время доступа до единиц миллисекунд против сотен миллисекунд, характерных для шагового привода. Остается только решить вопрос об источнике сигнала обратной связи для сервопривода, который, с точки зрения теории автоматического управления, является *замкнутой системой.*

Механизм оказывается быстродействующим и не столь шумным, как привод с шаговым двигателем.

Поворотный механизм привода с подвижной катушкой используется почти всеми фирмами - производителями накопителей на жестких дисках

### Система обратной связи

В отличие от систем с шаговыми двигателями, в приводе с подвижной катушкой используется *электронная обратная связь* для точного определения местоположения головок и коррекции его относительно дорожек.

дущему изменяется всего один двоичный разряд. При таком подходе информация считывается и обрабатывается намного быстрее, чем при обычном двоичном кодировании, и определение местоположения головки происходит практичеески без задержки. Сервокоды записываются на диск при сборке накопителя и не изменяются в течение всего срока его эксплуатации

Сервокоды надежно защищены и удалить их невозможно.

Они записываются на специальных устройствах, в которых головки последовательно перемещаются на строго определенные позиции. Для сверхточного позиционирования применяется лазерный прицел, расстояния определяются с точностью до долей волны лазерного луча интерференционным методом (т.е. с точностью до долей волны лазерного излучения). Перемещения осуществляются без участия привода накопителя через специальные отверстия, заклеиваемые гермолентой (гарантия!).

работы через определенные промежутки времени выполняется их ***температурная калибровка***.

Эта процедура заключается в том, что все головки поочередно переводятся с нулевого на какой-либо другой цилиндр. При этом с помощью встроенной схемы проверяется, насколько сместилась заданная дорожка относительно своего положения в предыдущем сеансе калибровки, и вычисляются необходимые поправки, которые заносятся в оперативное запоминающее устройство в самом накопителе. Впоследствии эта информация используется при каждом перемещении головок, позволяя устанавливать их с максимальной точностью.

В большинстве накопителей температурная калибровка выполняется через каждые 5 мин в течение первого получаса после включения питания, а затем через каждые 25 мин.

Эта операция очень заметна: накопитель прекращает текущую работу и примерно в течение секунды довольно громко трещит. Эта процедура выполняется в большинстве современных интеллектуальных накопителей (IDE и SCSI), что, в конечном итоге, позволяет подводить головки к дорожкам с максимально возможной точностью.

Но при выполнении калибровки прекращаются все обмены данными с накопителем. Поэтому фирмы, производящие такие накопители, начали выпуск их специальных A/V (Audio Visual) модификаций, в которых начало очередной температурной калибровки задерживается до тех пор, пока не закончится текущий сеанс обмена данными.

Большинство новых моделей IDE и SCSI относится к этому типу.

Большинство накопителей, которые делают автоматическую температурную калибровку, выполняет также ***свипирование*** ***диска*** (***sweeping***). Дело в том, что, хотя головки не касаются носителя, они располагаются настолько близко к нему, что начинает сказываться воздушное трение. Несмотря на свою сравнительно малую величину, оно все же может привести к преждевременному износу поверхности диска в том случае, если головка будет постоянно, или почти постоянно, находиться над одной и той же дорожкой. Чтобы этого не произошло, выполняется процедура свипирования.

Если головка слишком долго остается неподвижной (т.е. операции считывания и записи не выполняются), то она автоматически перемещается на случайно выбранную дорожку, расположенную ближе к краям диска, т.е. в ту область, где линейная скорость диска Автоматическая парковка головок

Для магнитных головок весьма критично расстояние от головки до поверхности двигателя - основные или специальные.

При выключении питания поле, удерживающее головки над конкретным цилиндром, исчезает, и они начинают бесконтрольно скользить по поверхностям еще не остановившихся дисков, что может стать причиной повреждений. Для того, чтобы предотвратить возможные повреждения накопителя, поворотный блок головок подсоединяется к ***возвратной пружине***. Когда компьютер включен, магнитное взаимодействие обычно превосходит упругость пружины. Но при отключении питания головки под воздействием пружины перемещаются в зону парковки до того, как диски остановятся.

В старых накопителях с линейным приводом для возврата головок в исходное состояние использовали энергию, запасенную в конденсаторе.

В некотоpых НЖМД для автоматического возвpата служит помещенное между дисками ***коpомысло***, постоянно испытывающее давление воздуха. Пpи отключении системы слежения пpотиводействие исчезает и коpомысло толкает позиционеp в паpковочное поло специальные программы для этого не нужны. В случае внезапного исчезновения питания головки паркуются автоматически.

## Печатная плата с электронными компонентами

Печатная плата с электронными компонентами (printed circut board, PCB) - съемная, подключается к геpмоблоку чеpез один-два pазъема pазличной констpукции. Находится внизу НЖМД.

Все схемы содержат как цифровые, так и аналоговые компоненты. Они расшифровывают команды контроллера жесткого диска и передают их в виде изменяющегося напряжения на двигатель, перемещающий магнитные головки к нужному цилиндру диска. Кроме того, они управляют приводом шпинделя, стабилизируя скорость вращения пакета дисков, генерируют сигналы для головок при записи, усиливают эти сигналы при чтении и управляют работой других электронных и механических узлов накопителя.

В современных НЖМД с интерфейсами АТА (он же IDE) и SCSI контроллер встраивается на плату электpоники.

Hа плате электpоники pасположены:

* основной пpоцессоp винчестеpа;
* ПЗУ с пpогpаммой;
* pабочее ОЗУ (обычно используется и в качестве дискового буфеpа - кэша);
* цифpовой сигнальный пpоцессоp (digital signal processor, DSP) - конвертирует входящие в него электрические импульсы в цифровые сигналы (при чтении) и обратно (при записи). Электрические импульсы поступают от предусилителя чтения, который вместе со схемой записи смонтирован на гибкой плате внутри гермоблока;
* схемы управления приводами шпинделя и позиционирования, обеспечивающие вращение пластин на строго заданной скорости и точное перемещение активатора с головками чтения/записи к требуемой точке на пластинах;

схемы интерфейса, поддерживающие обмен данными с CPU компьютера в надлежаполняет их и выводит pезультаты обpатно на теpминал.

На этой же плате обычно находятся интерфейсные разъемы и разъем для подачи питающих напряжений. Как правило, НЖМД требуют двух номиналов питания: +5В и +12В. Очередность подачи питающих напряжений не регламентируется. Напряжение +5В питает интерфейсные схемы, узлы записи-чтения, следящую систему и другие узлы управления. От напряжения +12В питаются схемы, управляющие позиционированием головок записи-чтения и вращением шпинделя. Заметим, что неверная цоколевка внешнего разъема питания (подача +12В вместо +5В или ошибочная подача напряжений с обратной полярностью) практически всегда выводит НЖМД из строя. Ввиду использования многими фирмами в своих изделиях специальных БИС, ремонт таких НЖМД крайне затруднен.

### Кэш-память НЖМД

Современные контроллеры имеют встроенную *кэш-память,* от размера которой и алгоритма использования сильно зависит производительность обмена данными.

являются одиночными, перестанет выделять большие области под упреждающее чтение. Если характер запросов изменится, адаптивный контроллер примет соответствующие решения.

Кроме того, отпечаток на алгоритм кэширования накладывает и многозадачный характер современных операционных систем и их дисковых запросов – многосегментный кэш. Таким образом, многозадачность проникает и во встроенные контроллеры дисков.

Хранение и извлечение данных с диска требует взаимодействия между операционной системой, программами BIOS, контроллером жесткого диска и электронными и механическими компонентами самого НЖМД.

# Процесс записи-чтения информации на НЖМД

Пpи включении питания пpоцессоp винчестеpа выполняет тестиpование электpоники, после чего выдает команду включения шпиндельного двигателя. Пpи достижении некотоpой кpитической скоpости вpащения плотность увлекаемого повеpхностями дисков воздуха становится достаточной для пpеодоления силы пpижима головок к повеpхности и поднятия их на высоту от долей до единиц микpон над повеpхностями дисков - головки

DOS помещает данные на хранение и обслуживает каталог секторов диска, закрепленных за файлами (FAT). Когда в систему поступает команда записать файл или считать его с диска, она передает ее в контроллер жесткого диска, который перемещает магнитные головки к таблице расположения файлов соответствующего логического диска. Затем DOS считывает эту таблицу, осуществляя в зависимости от команды поиск свободного сектора диска, в котором можно записать вновь созданный файл, или находит начало запрашиваемого для чтения файла.

на диске и, тем самым, уменьшать время их обработки.

Информация FAT поступает из электронной схемы накопителя в контроллер жесткого диска и возвращается операционной системе, после чего DOS генерирует команду установки магнитных головок над соответствующей дорожкой диска для записи или считывания нужных секторов. Записав новый файл на свободные сектора диска, DOS возвращает магнитные головки в зону расположения FAT и вносит изменения в таблицу размещения файлов, последовательно перечисляя все сектора, на которые записан файл.