



ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Урок №4

Жесткие диски.
Оптические накопители

Содержание

Жесткие диски	3
Для чего нужен Жесткий диск	3
Основные компоненты жесткого диска	4
Автоматическая парковка головок.....	36
S.M.A.R.T.	38
Основные характеристики жестких дисков.....	42
Логическое строение диска	45
Подключение жесткого диска.....	51
Деление жесткого диска на логические части	55
Твердотельные накопители информации.....	56
Оптические накопители	72
Компакт-диски	72
Устройство CDROM Drive.....	79
DVD.....	81
Blu-Ray Disc	86
Подключение оптических накопителей	86

Жесткие диски

Сегодня мы завершаем изучение главы 1 авторизованного курса ITE. Материалы ниже содержат дополнительную информацию по темам «Жесткие диски», «Оптические диски», «Видеоадаптеры» и «Мониторы».

Вашим домашним заданием будет еще раз детально проработать материалы главы 1 курса ITE и закрепить все полученные ранее знания об устройстве и компонентах персонального компьютера. Также вам необходимо сдать модульный экзамен на портале академии Cisco по главе 1.

Для чего нужен Жесткий диск

Жесткий диск (винчестер) — предназначен для длительного хранения информации при отсутствии питания, в том числе при отключении самого устройства от компьютера.

***Замечание:** Накопители на жестких дисках обычно называют винчестерами. Этот термин появился в 1960-х годах, когда IBM выпустила высокоскоростной накопитель с одним несъемным и одним сменным дисками емкостью по 30 Мбайт. Этот накопитель состоял из пластин, которые вращались с высокой скоростью, и «парящих» над ними головок, а номер его разработки 30–30. Такое цифровое обозначение (30–30) совпало с обозначением популярного нарезного оружия Winchester, поэтому термин винчестер вскоре стал применяться*

в отношении любого стационарно закрепленного жесткого диска.

В 1957 году Сирил Норткот Паркинсон (*Cyril Northcote Parkinson*) опубликовал свой знаменитый сборник, получивший название «Законы Паркинсона», который начинается с утверждения: «Объем работы увеличивается настолько, чтобы полностью заполнять время, отпущенное на ее выполнение». Этот наиболее известный закон в несколько измененном виде может быть применен и к жестким дискам: «Объем данных увеличивается в соответствии с объемом пространства, отведенного для их хранения». Это означает, что, независимо от емкости жесткого диска, вы без особого труда найдете способ «набить» его до отказа.

Основные компоненты жесткого диска

Существует много различных типов накопителей на жестких дисках, но практически все они состоят из одних и тех же основных узлов. Конструкции этих узлов, а также качество используемых материалов могут быть различными, но основные их рабочие характеристики и принципы функционирования одинаковы. К основным элементам конструкции типичного накопителя на жестком диске относятся следующие:

- диски;
- головки чтения/записи;
- механизмы привода головок;
- двигатель привода дисков;
- воздушные фильтры;

- плата схемами управления;
- кабели и разъемы;
- элементы конфигурации (перемычки и переключатели).



Рисунок 1

Диски, двигатель привода дисков, головки и механизм привода головок обычно размещаются в герметичном корпусе, который называется HDA (*Head Disk Assembly* — блок головок и дисков, или в простонародье банка) (рис. 1). Обычно этот блок рассматривается как единый узел; его почти никогда не вскрывают. Прочие узлы, не входящие в блок HDA (печатная плата, лицевая панель, элементы конфигурации и монтажные детали) являются съемными.

Диски

Обычно в накопителе содержится один или несколько магнитных дисков. За прошедшие годы установлен ряд стандартных размеров накопителей, которые определяются в основном размерами дисков, а именно:

- 5,25 дюйма (5,12 дюйма);
- 3,5 дюйма (3,74 дюйма);
- 2,5 дюйма (2,56 дюйма);
- 1,8 дюйма (1,89 дюйма);
- 1 дюйм (1,33 дюйма).

***Замечание:** В скобках указан их реальный размер.*

Существовали также накопители с дисками больших размеров, например 8 дюймов, 14 дюймов и более, но такие устройства в ПК не используются. Сейчас в настольных и некоторых портативных моделях чаще всего устанавливаются накопители формата 3,5 дюйма, а малогабаритные устройства (формата 2,5 дюйма и меньше) — в портативных системах.

До недавнего времени все диски производились из алюминиевого сплава, довольно прочного и легкого. Однако на сегодняшний день возникла потребность в накопителях, сочетающих малые размеры и большую емкость. Поэтому в качестве основного материала для дисков стало использоваться стекло, а точнее, композитный материал на основе стекла и керамики. Один из таких материалов называется MemCor и производится компанией Dow Corning. Он значительно прочнее, чем каждый из его компонентов в отдельности. Стеклые диски отличаются

большей прочностью и жесткостью, поэтому их можно сделать в два раза тоньше алюминиевых (а иногда еще тоньше). Кроме того, они менее восприимчивы к перепадам температур, т.е. их размеры при нагреве и охлаждении изменяются весьма незначительно. В настоящее время в некоторых накопителях уже используются стеклянные или стеклокерамические диски. А в ближайшие годы большинство производителей перейдут на выпуск стеклокерамических дисков, которые заменят стандартные алюминиевые.

Рабочий слой диска

Независимо от того, какой материал используется в качестве основы диска, он покрывается тонким слоем вещества, способного сохранять остаточную намагниченность после воздействия внешнего магнитного поля. Этот слой называется рабочим или магнитным, и именно в нем сохраняется записанная информация. Самыми распространенными являются следующие типы рабочего слоя:

- оксидный;
- тонкопленочный;
- двойной антиферромагнитный (*antiferromagnetically coupled* — AFC).

Оксидный слой

Оксидный слой представляет собой полимерное покрытие с наполнителем из окиси железа. Наносят его следующим образом. Сначала на поверхность быстро вращающегося алюминиевого диска разбрызгивается суспензия порошка оксида железа в растворе полимера.

За счет действия центробежных сил она равномерно растекается по поверхности диска от его центра к внешнему краю. После полимеризации раствора поверхность шлифуется. Затем на нее наносится еще один слой чистого полимера, обладающего достаточной прочностью и низким коэффициентом трения, и диск окончательно полируется. Если вам удастся заглянуть внутрь накопителя с такими дисками, то вы увидите, что они коричневого или желтого цвета.

Чем выше емкость накопителя, тем более тонким и гладким должен быть рабочий слой дисков. Но добиться качества покрытия, необходимого для накопителей большой емкости, в рамках традиционной технологии оказалось невозможным. Поскольку оксидный слой довольно мягкий, он крошится при «столкновениях» с головками (например, при случайных сотрясениях накопителя). Диски с таким рабочим слоем использовались с 1955 года, и продержались они так долго благодаря простоте технологии и низкой стоимости. Однако в современных моделях накопителей они полностью уступили место тонкопленочным дискам.

Тонкопленочный слой

Тонкопленочный рабочий слой имеет меньшую толщину, он прочнее, и качество его покрытия гораздо выше. Эта технология легла в основу производства накопителей нового поколения, в которых удалось существенно уменьшить величину зазора между головками и поверхностями дисков, что позволило повысить плотность записи. Сначала тонкопленочные диски использовались

только в высококачественных накопителях большой емкости, но сейчас они применяются практически во всех накопителях.

Термин тонкопленочный рабочий слой очень удачен, так как это покрытие гораздо тоньше, чем оксидное. Тонкопленочный рабочий слой называют также гальванизированным или напыленным, поскольку наносить тонкую пленку на поверхность дисков можно по разному. Тонкопленочный гальванизированный рабочий слой получают путем электролиза. Это происходит почти так же, как при хромировании бампера автомобиля. Алюминиевую подложку диска последовательно погружают в ванны с различными растворами, в результате чего она покрывается несколькими слоями металлической пленки. Рабочим слоем служит слой из сплава кобальта толщиной всего около 1 микродюйма (приблизительно 0,025 мкм).

Метод напыления рабочего слоя заимствован из полупроводниковой технологии. Суть его сводится к тому, что в специальных вакуумных камерах вещества и сплавы вначале переводятся в газообразное состояние, а затем осаждаются на подложку. На алюминиевый диск сначала наносится слой фосфорита никеля, а затем магнитный кобальтовый сплав. Его толщина при этом всего 1–2 микродюйма (0,025–0,05 мкм). Аналогично поверх магнитного слоя на диск наносится очень тонкое (порядка 0,025 мкм) углеродное защитное покрытие, обладающее исключительной прочностью. Это самый дорогостоящий процесс из всех описанных выше, так как для его проведения необходимы условия, приближенные к полному вакууму.

Как уже отмечалось, толщина магнитного слоя, полученного методом напыления, составляет около 0,025 мкм. Его исключительно гладкая поверхность позволяет сделать зазор между головками и поверхностями дисков гораздо меньшим, чем это было возможно раньше (0,076 мкм). Чем ближе к поверхности рабочего слоя располагается головка, тем выше плотность расположения зон смены знака на дорожке записи и, следовательно, плотность записи на диск.

Кроме того, при увеличении напряженности магнитного поля по мере приближения головки к магнитному слою увеличивается амплитуда сигнала; в результате соотношение «сигнал-шум» становится более благоприятным.

И при гальваническом осаждении, и при напылении рабочий слой получается очень тонким и прочным. Поэтому вероятность «выживания» головок и дисков в случае их контакта друг с другом на большой скорости существенно повышается. И действительно, современные накопители с дисками, имеющими тонкопленочные рабочие слои, практически не выходят из строя при вибрациях и сотрясениях. Оксидные покрытия в этом отношении гораздо менее надежны. Если бы вы смогли заглянуть внутрь корпуса накопителя, то увидели бы, что тонкопленочные покрытия дисков напоминают серебристую поверхность зеркал.

Двойной антиферромагнитный слой

Последним достижением в технологии изготовления носителей жестких дисков является использование антиферромагнитных двойных слоев (*antiferromagnetically coupled* — AFC), позволяющих существенно увеличить

плотность рабочего слоя, превысив наложенные ранее ограничения. Увеличение плотности материала дает возможность уменьшить толщину магнитного слоя диска. Плотность записи жестких дисков (которая выражается в количестве дорожек на дюйм или в числе бит на дюйм) достигла той точки, в которой кристаллы магнитного слоя, используемые для хранения данных, становятся настолько малы, что это приводит к их нестабильности и, как следствие, к низкой надежности запоминаящего устройства.

Границы плотности, получившие название суперпарамагнитного ограничения, должны находиться в пределах от 30 до 50 Гбит/дюйм². В настоящее время плотность записи данных уже достигла 35 Гбит/дюйм², т.е. суперпарамагнитное ограничение становится довольно существенным фактором, определяющим свойства создаваемых накопителей.

Носители AFC состоят из двух магнитных слоев, разделенных довольно тонкой пленкой металлического рутения, толщина которой 3 атома (6 ангстрем). Для описания этого сверхтонкого слоя рутения использовался шуточный термин «пыльца эльфов» (*pixie dust*), придуманный в IBM. Подобная многослойная конструкция образует антиферромагнитное соединение, состоящее из верхнего и нижнего магнитных слоев, что позволяет различать эти слои по всей видимой высоте жесткого диска. Такая конструкция дает возможность использовать физически более толстые магнитные слои, имеющие более устойчивые кристаллы большого размера, благодаря чему носители могут функционировать как одинарный слой, отличающийся гораздо меньшей общей толщиной.

В 2001 году IBM использовала технологию AFC при создании целой серии 2,5-дюймовых накопителей Travelstar 30GN для портативных компьютеров; жесткие диски этого типа стали первыми накопителями с рабочим слоем AFC, появившимися на рынке. Кроме того, IBM начала создавать 3,5-дюймовые накопители с рабочим слоем AFC, используемые в настольных компьютерах. Первым накопителем этого типа стал Deskstar 120 GXP. Использование рабочего слоя AFC позволит, как ожидается, повысить плотность записи данных до 1000 Гбит/дюйм² и более.

1.2.3. Головки чтения/записи

В накопителях на жестких дисках для каждой из сторон каждого диска предусмотрена собственная головка чтения/записи. Все головки смонтированы на общем подвижном каркасе и перемещаются одновременно.

Конструкция каркаса с головками довольно проста. Каждая головка установлена на конце рычага, закрепленного на пружине и слегка прижимающего ее к диску, диск как бы зажат между парой головок (сверху и снизу). И если бы это не повлекло за собой никаких последствий, можно было бы провести небольшой эксперимент: открыть накопитель и приподнять пальцем верхнюю головку. Как только бы вы ее отпустили, она вернулась бы в первоначальное положение (то же самое произошло бы и с нижней головкой), но этого делать ни в коем случае нельзя.

На рисунке 2 показана стандартная конструкция механизма привода головок с подвижной катушкой. Когда накопитель выключен, головки касаются дисков под действием пружин. При раскручивании дисков аэродинамическое давление под головками повышается и они

отрываются от рабочих поверхностей («взлетают»). Когда диск вращается на полной скорости, зазор между ним и головками может составлять 0,5–5 микродюймов и даже больше. В начале 1960-х годов величина зазора между диском и головками составляла 200–300 микродюймов; в современных накопителях она достигает 10 нм, или 0,4 микродюйма.

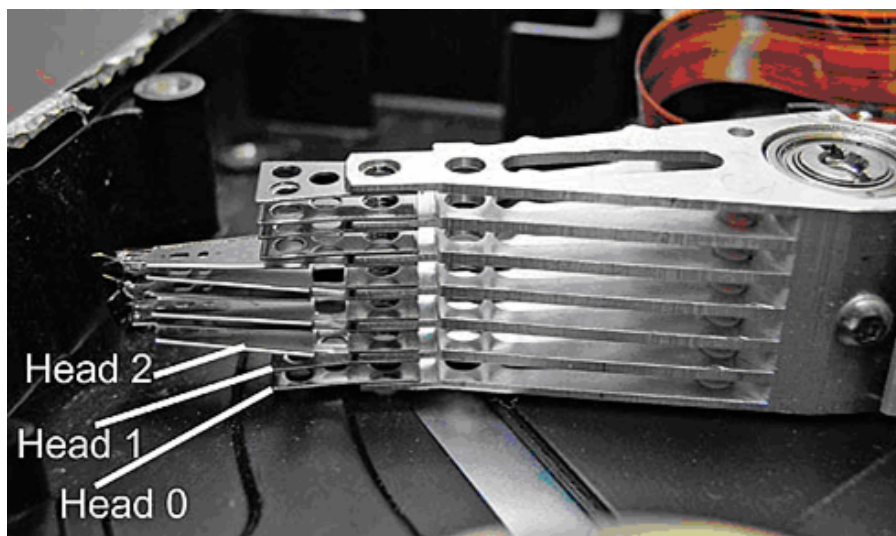


Рисунок 2. Головки чтения/записи и поворотный привод

Именно поэтому сборка блоков HDA выполняется только в чистых помещениях, соответствующих требованиям класса 100 (или даже более высоким). Это означает, что в одном кубическом футе воздуха может присутствовать не более 100 пылинок размером до 0,5 мкм.

Для сравнения: стоящий неподвижно человек каждую минуту выдыхает порядка 500 таких частиц! Поэтому помещения оснащаются специальными системами

фильтрации и очистки воздуха. Блоки HDA можно вскрывать только в таких условиях.

Поддержка столь стерильных условий стоит немалых денег. Некоторые фирмы выпускают «чистые цеха» в настольном исполнении. Стоят они всего несколько тысяч долларов и выглядят, как большие ящики с прозрачными стенками, в которые вмонтированы перчатки для рук оператора.

Прежде чем приступить к работе, оператор должен вставить в ящик устройство и все необходимые инструменты, затем закрыть ящик и включить систему фильтрации. Через некоторое время можно будет начинать разборку и прочие манипуляции с накопителем.

Существуют и другие способы создания стерильных условий. Представьте себе, например, монтажный стол, отгороженный от окружающего пространства воздушной завесой, при чем непосредственно на рабочее место под давлением постоянно подается очищенный воздух.

Это напоминает устанавливаемые на зиму в дверях магазинов «занавески» из горячего воздуха, которые не мешают проходу, но и не дают теплу из помещения выйти наружу.

Поскольку подобное оборудование стоит довольно дорого, за ремонт накопителей на жестких дисках обычно берутся только их производители, или компании которые могут себе это позволить.

По мере развития технологии производства дисковых накопителей совершенствовались и конструкции головок чтения/записи. Первые головки представляли собой сердечники с обмоткой (электромагниты). По современ-

ным меркам их размеры были огромными, а плотность записи — чрезвычайно низкой. За прошедшие годы конструкции головок прошли долгий путь развития от первых головок с ферритовыми сердечниками до современных гигантских магниторезистивных моделей.

Механизмы привода головок

Пожалуй, еще более важной деталью накопителя, чем сами головки, является механизм, который устанавливает их в нужное положение и называется приводом головок. Именно с его помощью головки перемещаются от центра к краям диска и устанавливаются на заданный цилиндр. Существует много конструкций механизмов привода головок, но их можно разделить на два основных типа:

- с шаговым двигателем;
- с подвижной катушкой.

Тип привода во многом определяет быстродействие и надежность накопителя, достоверность считывания данных, его температурную стабильность, чувствительность к выбору рабочего положения и вибрациям. Скажем сразу, что накопители с приводами на основе шаговых двигателей гораздо менее надежны, чем устройства с приводами от подвижных катушек.

Приводы с шаговым двигателем обычно использовались на жестких дисках емкостью до 100 Мбайт и менее, которые создавались в 1980-х и в начале 1990-х годов. Во всех накопителях, имеющих более высокую емкость, обычно использовались и используются приводы с подвижной катушкой.

В накопителях на гибких дисках для перемещения головок используется привод с шаговым двигателем. Его параметров (в том числе и точности) оказывается вполне достаточно для дисководов этого типа, поскольку плотность дорожек записи на гибких дисках значительно ниже (135 дорожек на дюйм), чем в накопителях на жестких дисках (более 5 000 дорожек на дюйм). В большинстве выпускаемых сегодня накопителей устанавливаются приводы с подвижными катушками.

Привод с шаговым двигателем

Шаговый двигатель — это электродвигатель, ротор которого может поворачиваться только ступенчато, т.е. на строго определенный угол. Если покрутить его вал вручную, то можно услышать негромкие щелчки (или треск при быстром вращении), которые возникают всякий раз, когда ротор проходит очередное фиксированное положение.

Шаговые двигатели могут устанавливаться только в фиксированных положениях. Размеры этих двигателей невелики (порядка нескольких сантиметров), а форма может быть разной — прямоугольной, цилиндрической и т.д. Шаговый двигатель устанавливается вне блока HDA, но его вал проходит внутрь через отверстие с герметизирующей прокладкой. Обычно двигатель располагается у одного из углов корпуса накопителя и его можно легко узнать.

Одна из самых серьезных проблем механизма с шаговым двигателем — нестабильность температуры. При нагреве и охлаждении диски расширяются и сжимаются

ся, в результате чего дорожки смещаются относительно своих прежних положений. Поскольку механизм привода головок не позволяет сдвинуть их на расстояние, меньшее одного шага (переход на одну дорожку), компенсировать погрешности температур невозможно. Головки перемещаются в соответствии с поданным на шаговый двигатель количеством импульсов. Привод с шаговым двигателем изображен на рисунке 3:

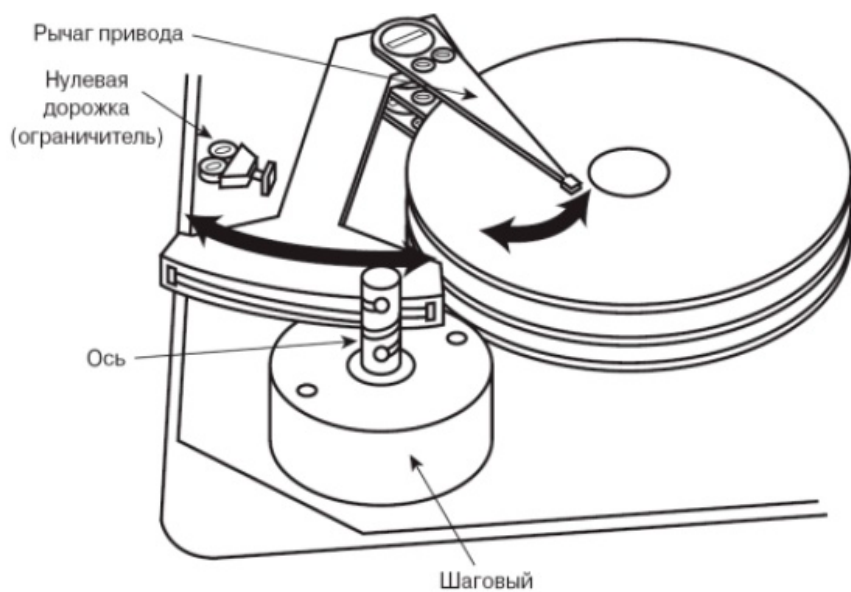


Рисунок 3. Внешний вид привода с шаговым двигателем

Привод с подвижной катушкой

Такой привод используется практически во всех современных накопителях. В отличие от систем с шаговыми двигателями, в которых перемещение головок осу-

ществляется вслепую, привод с подвижной катушкой использует сигнал обратной связи, чтобы можно было точно определить положения головок относительно дорожек и скорректировать их в случае необходимости. Такая система обеспечивает более высокие быстродействие, точность и надежность, чем традиционный привод с шаговым двигателем.

Привод с подвижной катушкой работает по принципу электромагнетизма. По конструкции он напоминает обычный громкоговоритель. Как известно, в громкоговорителе подвижная катушка, соединенная с диффузором, может перемещаться в зазоре постоянного магнита.

При протекании через катушку электрического тока она смещается вместе с диффузором относительно постоянного магнита. Если ток в катушке периодически изменяется (в соответствии со звуковым электрическим сигналом), возникающие при этом колебания диффузора порождают воспринимаемый человеком звук. В типичной конструкции привода подвижная катушка жестко соединяется с блоком головок и размещается в поле постоянного магнита.

Катушка и магнит никак не связаны между собой; перемещение катушки осуществляется только под воздействием электромагнитных сил. При появлении в катушке электрического тока она так же, как и в громкоговорителе, смещается относительно жестко закрепленного постоянного магнита, передвигая при этом блок головки. Подобный механизм обладает высоким быстродействием и оказывается менее шумным, чем привод с шаговым двигателем.

В отличие от привода с шаговым двигателем, в устройствах с подвижной катушкой нет заранее зафиксированных положений. Вместо этого в них используется специальная система наведения (позиционирования), которая точно подводит головки к нужному цилиндру (поэтому привод с подвижной катушкой может плавно перемещать головки в любые положения). Эта система называется сервоприводом и отличается от ранее рассмотренной тем, что для точного наведения (позиционирования) головок используется сигнал обратной связи, несущий информацию о реальном взаимном расположении дорожек и головок. Эту систему часто называют системой с обратной связью (или с автоматической регулировкой).

Колебания температур не сказываются на точности работы привода с подвижной катушкой и обратной связью. При сжатии и расширении дисков все изменения их размеров отслеживаются сервоприводом, и положения головок (не будучи predetermined) корректируются должным образом. Для поиска конкретной дорожки используется заранее записанная на диске вспомогательная информация (сервокод), и в процессе работы всегда определяется реальное положение цилиндра на диске с учетом всех отклонений температур. Поскольку сервокод считывается непрерывно, в процессе нагрева накопителя и расширения дисков, например, головки отслеживают дорожку и проблем со считыванием данных не возникает (рис. 4).

Поэтому привод с подвижной катушкой и обратной связью часто называют системой слежения за дорожками.

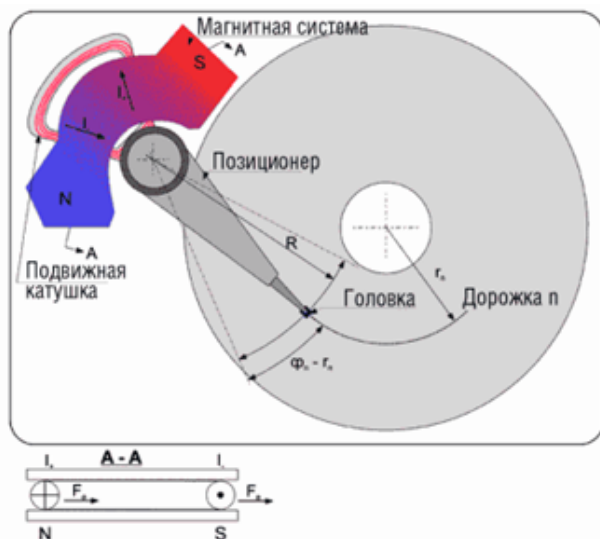


Рисунок 4

Двигатель привода дисков

Двигатель, приводящий во вращение диски, часто называют шпиндельным (*spindle*). Шпиндельный двигатель всегда связан с осью вращения дисков, никакие приводные ремни или шестерни для этого не используются. Двигатель должен быть бесшумным: любые вибрации передаются дискам и могут привести к ошибкам при считывании и записи.

Частота вращения двигателя должна быть строго определенной. Обычно она колеблется от 3 600 до 15 000 об/мин или больше, а для ее стабилизации используется схема управления двигателем с обратной связью (автоподстройкой), позволяющая добиться необходимой точности. Таким образом, контроль за частотой вращения двигателя осуществляется автоматически, и никакие

устройства, позволяющие сделать это вручную, в накопителях не предусмотрены. В описаниях некоторых диагностических программ говорится, что с их помощью можно измерить частоту вращения дисков. На самом деле единственное, на что они способны, — это оценить ее возможное значение по временным интервалам между моментами появления заголовков секторов. Измерить частоту вращения с помощью программы в принципе невозможно, для этого нужны специальные приборы (тестеры). Не волнуйтесь, если какая-нибудь диагностическая программа сообщит, что частота вращения дисков установлена неправильно; скорее всего, плохо работает сама программа, а не накопитель.

Информация о частоте вращения дисков просто не передается (и не должна передаваться) через интерфейс контроллера жесткого диска. Раньше ее можно было оценить, считывая подряд достаточно большое количество секторов и измеряя временные интервалы, через которые появляется соответствующая информация. Но это имело смысл только тогда, когда все диски разбивались на одинаковое число секторов, а номинальная частота их вращения составляла 7200 об/мин. Использование зонной записи, появление накопителей с различными но минимальными частотами вращения, не говоря уже о встроенных буферах и кэш-памяти, приводит к тому, что программно вычислить истинную частоту вращения дисков невозможно.

В большинстве накопителей шпиндельный двигатель располагается в нижней части, под блоком HDA. Однако во многих современных устройствах он встраивается

внутри блока HDA и представляет собой центральную часть блока дисков-носителей. Такая конструкция позволяет, не изменяя размера накопителя по вертикали, увеличить количество дисков в блоке (в «стопке»).

***Замечания:** Шпиндельный двигатель, особенно в накопителях большого формата, потребляет от 12 вольтного источника питания довольно значительную мощность. Она возрастает еще в 2–3 раза по сравнению со стационарным значением при разгоне (раскручивании) дисков. Длится такая перегрузка несколько секунд после включения компьютера. Если в компьютере установлено несколько накопителей, то, чтобы не подвергать чрезмерной нагрузке блок питания, можно попытаться организовать их поочередное включение. Задержанный запуск шпиндельного двигателя предусмотрен в большинстве накопителей SCSI и IDE.*

Плата управления

В каждом накопителе, в том числе и на жестких дисках, есть хотя бы одна плата. На ней монтируются электронные схемы для управления шпиндельным двигателем и приводом головок, а также для обмена данными с контроллером (представленными в заранее оговоренной форме). В накопителях IDE контроллер устанавливается непосредственно в накопителе, а для накопителей SCSI необходимо использовать дополнительную плату расширения.

Довольно часто неисправности возникают не в механических узлах накопителей, а в платах управления.

На первый взгляд это утверждение может показаться странным, поскольку общеизвестно, что электронные узлы надежнее механических, тем не менее факт остается фактом. Поэтому многие неисправные накопители можно отремонтировать, заменив лишь плату управления, а не все устройство. К сожалению, ни один производитель накопителей не реализует платы управления отдельно. Поэтому единственная возможность получить плату управления — приобрести идентичный функционирующий накопитель и заменить поврежденные элементы деталями, снятыми с накопителя. Разумеется, приобретать совершенно новый жесткий диск для ремонта имеет смысл только в том случае, если поврежденный накопитель содержит какие-либо нужные для вас данные.

Данные, хранящиеся на жестких дисках накопителя с поврежденной платой управления, могут быть извлечены только после ее замены. В большинстве случаев ценность содержащихся данных значительно превышает стоимость накопителя, поэтому приобретение нового идентичного накопителя и его использование в качестве источника запасных частей (в частности, платы управления) полностью себя оправдывает. Подобный метод получил широкое распространение в компаниях, которые занимаются восстановлением данных. Они имеют в наличии множество самых распространенных накопителей, детали которых используются для замены неисправных компонентов и восстановления данных, содержащихся на жестких дисках пользовательских систем. Для замены платы чаще всего достаточно самой

обычной отвертки. Необходимо всего лишь выкрутить несколько винтов и отсоединить соответствующий кабель, после чего установить новую плату и повторить описанные действия в обратной последовательности. На этом процесс замены неисправной платы будет завершен.

Воздушные фильтры

Почти во всех накопителях на жестких дисках используются два воздушных фильтра:

- фильтр рециркуляции
- барометрический фильтр.

В отличие от сменных фильтров, которые устанавливались в старых накопителях больших машин, они располагаются внутри корпуса и не подлежат замене в течение всего срока службы накопителя. В старых накопителях происходила постоянная перекачка воздуха снаружи внутрь устройства и наоборот сквозь фильтр, который нужно было периодически менять. В современных устройствах от этой идеи отказались. Фильтр рециркуляции в блоке HDA предназначен только для очистки внутренней «атмосферы» от небольших частиц рабочего слоя носителя (а также от любых других мелких частиц, попадающих внутрь HDA), которые, несмотря на все предпринимаемые меры, все же осыпаются с дисков при взлетах и посадках головок.

Поскольку накопители ПК герметизированы и в них не происходит перекачки воздуха снаружи, они могут работать даже в условиях сильного загрязнения окружающего воздуха.

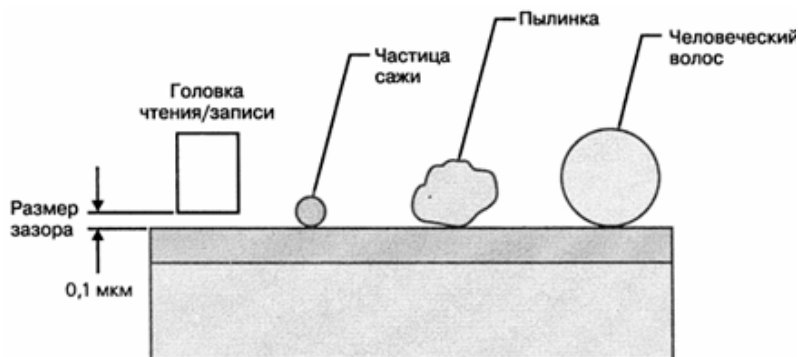


Рисунок 5. Сравнение размеров инородных объектов на поверхности магнитного диска накопителя

Выше отмечалось, что блок HDA герметичен, однако это не совсем так. Внешний воздух проникает внутрь HDA сквозь барометрический фильтр, так как это необходимо для выравнивания давления изнутри и снаружи блока. Именно потому, что жесткие диски не являются полностью герметичными устройствами, изготовители указывают для них диапазон высот над уровнем моря, в котором они сохраняют работоспособность (обычно от -300 до $+3\,000$ м).

Для некоторых моделей максимальная высота подъема ограничена $2\,000$ м, поскольку в более разреженном воздухе просвет между головками и поверхностями носителей оказывается недостаточным. По мере изменения атмосферного давления воздух выходит из накопителя или наоборот — проникает в него сквозь вентиляционное отверстие, чтобы выровнять давление снаружи и внутри устройства. Тем не менее это не приводит к загрязнению «атмосферы» внутри накопителя. Дело в том, что барометрический фильтр, установленный на этом отверстии,

способен задерживать частицы размером более 0,3 мкм, что соответствует стандартам чистоты атмосферы внутри блока HDA. В некоторых устройствах используются более плотные (тонкие) фильтры, позволяющие задерживать еще более мелкие частицы. Вы легко обнаружите вентиляционные отверстия на большинстве блоков HDA, в то время как сами барометрические фильтры находятся внутри блока.

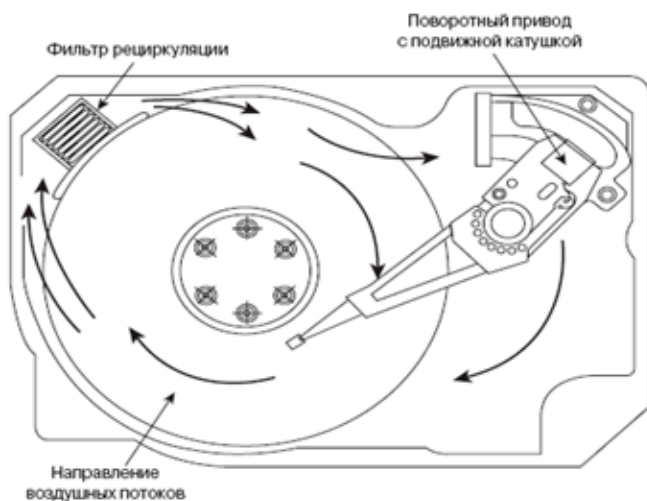


Рисунок 6. Циркуляция воздуха в накопителе на жестком диске

Сервопривод

Для управления приводами с подвижной катушкой в разное время использовались три способа построения петли обратной связи:

- со вспомогательным «клином»;
- со встроенными кодами;
- со специализированным диском.

Они различаются технической реализацией, но, по сути, предназначены для достижения одной и той же цели: обеспечивать постоянную корректировку положения головок и их наведение (позиционирование) на соответствующий цилиндр. Основные различия между ними сводятся к тому, на каких участках поверхностей дисков записываются сервокоды.

При всех способах построения петли обратной связи для ее работы необходима специальная информация (сервокоды), которая записывается на диск при его изготовлении. Обычно она записывается в так называемом коде Грея. В этой системе кодирования при переходе от одного числа к следующему или предыдущему изменяется всего один двоичный разряд.

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

Запись сервокодов выполняется на специальном устройстве, в котором головки последовательно перемещаются на строго определенные позиции, и в этих положениях на диски записываются упомянутые выше коды. Для точной установки головок в таких устройствах используется лазерный прицел, а расстояния определяются методом интерференции, т.е. с точностью до долей волны лазерного излучения. Поскольку перемещение головок в таком устройстве осуществляется механически (без участия собственного привода накопителя), все ра-

боты проводятся в чистом помещении либо с открытой крышкой блока HDA, либо через специальные отверстия, которые по окончании записи сервокодов заклеиваются герметизирующей лентой. Вы можете найти эти заклеенные отверстия на блоке HDA, причем на ленте обязательно будет написано, что, оторвав ее, вы потеряете право на гарантийное обслуживание.

Устройства для записи сервокодов стоят около 50 тыс. долларов и часто предназначаются для какой либо конкретной модели накопителя. Некоторые компании, занимающиеся ремонтом накопителей, располагают такими устройствами, т.е. могут выполнить перезапись сервокодов при повреждении накопителя. Если же в ремонтной компании нет устройства для записи сервокодов, то неисправный накопитель отсылается изготовителю. К счастью, при обычных операциях считывания и записи удалить сервокоды невозможно.

Поскольку привод с подвижной катушкой отслеживает реальное положение дорожек, ошибки позиционирования, возникающие со временем в накопителях с шаговым двигателем, в данных устройствах отсутствуют. На их работе не сказывается также расширение и сжатие дисков, происходящее вследствие колебаний температур. Во многих современных накопителях с приводом от подвижной катушки в процессе работы через определенные промежутки времени выполняется 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 от-

носителем 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. Некоторые пользователи полагают, что произошла ошибка при считывании данных, но на самом деле просто подошло время очередной калибровки. Заметим, что эта процедура выполняется в большинстве современных интеллектуальных накопителей (IDE и SCSI), что в конечном итоге позволяет подводить головки к дорожкам с максимально возможной точностью.

Однако по мере распространения мультимедийных программ подобные перерывы в работе накопителей становятся помехой. Дело в том, что при выполнении калибровки прекращаются все обмены данными с накопителем и, например, воспроизведение звуковых или видеофрагментов приостанавливается. Поэтому производители таких накопителей начали выпуск специальных A/V модификаций (*Audio Visual* — A/V), в которых начало очередной температурной калибровки задерживается до тех пор, пока не закончится текущий сеанс обмена данными. Большинство новых моделей IDE и SCSI устройств относится к этому типу, т.е. воспроизведение звуковых и видеофрагментов не прерывается процедурами калибровки.

Накопители АТА, поддерживающие функцию A/V, также используются в компьютерных телевизионных приставках, применяемых для цифровой записи.

Следует отметить, что большинство устройств, которые осуществляют автоматическую температурную калибровку, выполняют также свипирование диска (*sweep*). Дело в том, что, хотя головки не касаются носителя, они располагаются настолько близко к нему, что начинает сказываться воздушное трение. Несмотря на 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 следующая процедура. 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 максимальна, а следовательно, воздушный просвет между его поверхностью и головкой имеет наибольшую величину. Если после перевода головки диск снова окажется «в простое» в течение такого же времени, то головка переместится на другую дорожку и т.д.

Функция развертки, обеспечивающая равномерное распределение рабочего давления по поверхности диска, позволяет предотвратить расположение головки над одним цилиндром в течение длительного времени. Трение, возникающее между головкой и поверхностью жесткого диска, со временем может привести к повреждению носителя. Головки не имеют непосредственного контак-

та с носителем, однако находятся настолько близко, что постоянное воздушное давление, создаваемое головкой, плавающей над цилиндром, может стать причиной избыточного износа. На рисунке 7 показаны вспомогательный клин и встроенные сервокоды.

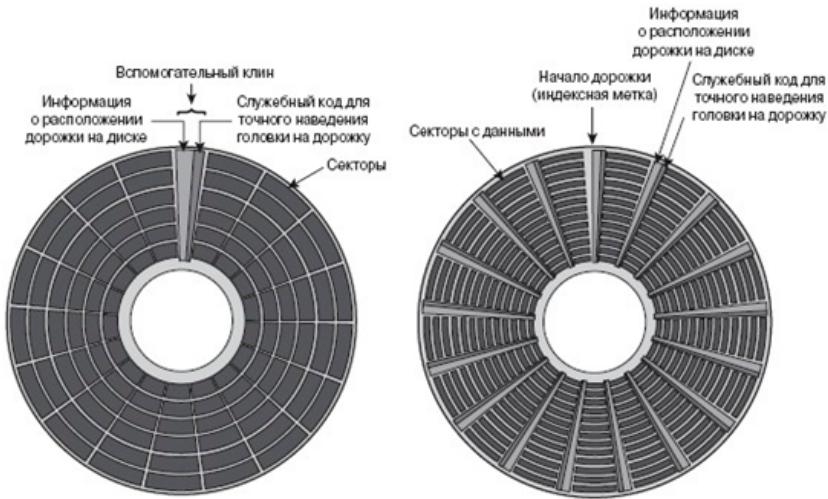


Рисунок 7. Вспомогательный клин и встроенные сервокоды

Вспомогательный клин

Такая система записи сервокодов использовалась в первых накопителях с подвижной катушкой. Вся информация, необходимая для наведения (позиционирования) головок, записывалась в кодах Грея в узком секторе («клине») каждого цилиндра непосредственно перед индексной меткой. Индексная метка обозначает начало каждой дорожки, т.е. вспомогательная информация записывается в пред индексном интервале, расположенном в конце каждой дорожки. Этот участок необходим для компенсации

неравномерности вращения диска и тактовой частоты записи, и контроллер диска обычно к нему не обращается.

Некоторым контроллерам необходимо сообщать о том, что к ним подключен накопитель со вспомогательным клином. В результате они корректируют (сокращают) длину секторов, чтобы поместить область вспомогательного клина.

Самый существенный недостаток подобной системы записи состоит в том, что считывание происходит только один раз при каждом обороте диска. Это означает, что во многих случаях для точного определения и коррекции положения головок диск должен совершить несколько оборотов. Недостаток этот был очевиден с самого начала, поэтому подобные системы никогда не были широко распространены, а сейчас и вовсе не используются.

Встроенные коды

Такой метод реализации обратной связи представляет собой улучшенный вариант системы со вспомогательным клином. В данном случае сервокоды записываются не только в начале каждого цилиндра, но и перед началом каждого сектора. Это означает, что сигналы обратной связи поступают на схему привода головок несколько раз в течение каждого оборота диска и головки устанавливаются в нужное положение намного быстрее. Еще одно преимущество (по сравнению с системой со специализированным диском) заключается в том, что сервокоды записываются на всех дорожках, поэтому может быть скорректировано положение каждой головки (это касается тех случаев, когда отдельные диски в накопителе нагреваются или охлажда-

даются по-разному либо подвергаются индивидуальным деформациям).

Описанный способ используется в большинстве современных накопителей. Как и в системах со вспомогательным клином, встроенные сервокоды защищены от стирания и любые операции записи блокируются, если головки оказываются над участками со служебной информацией.

Поэтому даже при форматировании низкого уровня удалить сервокоды невозможно.

Система со встроенными сервокодами работает лучше, чем со вспомогательным клином, потому что служебная информация (сервокоды) считывается несколько раз за каждый оборот диска. Но вполне очевидно, что еще более эффективной должна быть система, при которой цепь обратной связи работает непрерывно, т.е. сервокоды считываются постоянно.

Системы со специализированным диском

При реализации данного способа сервокоды записываются вдоль всей дорожки, а не только один раз в ее начале или в начале каждого сектора. Естественно, если так поступить со всеми дорожками накопителя, то в нем не останется места для данных. Поэтому одна сторона одного из дисков выделяется исключительно для записи сервокодов. Термин специализированный диск означает, что одна сторона одного из дисков предусмотрена только для записи служебной информации (сервокодов) и данные здесь не хранятся. Такой подход на первый взгляд может показаться довольно расточительным, но необхо-

димому учесть, что ни на одной из сторон остальных дисков сервокоды уже не записываются. Поэтому общие потери дискового пространства оказываются примерно такими же, как и при использовании системы встроенных кодов.

При сборке накопителей со специализированным диском одна из сторон определенного диска изымается из нормального использования для операций чтения/записи; вместо этого на ней записывается последовательность сервокодов, которые в дальнейшем используются для точного позиционирования головок. Причем обслуживающая эту сторону диска сервоголовка не может быть переведена в режим записи, т.е. сервокоды, как и во всех рассмотренных выше системах, невозможно стереть ни при обычной записи данных, ни при форматировании низкого уровня. На рисунке 8 приведена схема накопителя со специализированным диском для сервокодов. Чаще всего верхняя головка или одна из центральных головок предназначены для считывания сервокодов.

Когда в накопитель поступает команда о переводе головок на конкретный цилиндр, внутреннее электронное устройство использует полученные сервоголовкой сигналы для точного определения положения всех остальных головок. В процессе движения головок номера дорожек непрерывно считываются с поверхности специализированного диска. Когда под сервоголовкой оказывается искомая дорожка, привод останавливается. После этого выполняется точная настройка положения головок и лишь затем выдается сигнал разрешения записи.

И хотя только одна головка (сервоголовка) используется для считывания сервокодов, все остальные смонти-

рованы на общем жестком каркасе, поэтому если одна головка будет находиться над нужным цилиндром, то и все остальные тоже.

Отличительный признак накопителя со специализированным диском — нечетное количество головок. Например, в накопителе МК-538FB компании Toshiba емкостью 1,2 Гбайт установлено 8 дисков, в то время как головок чтения/записи всего 15.

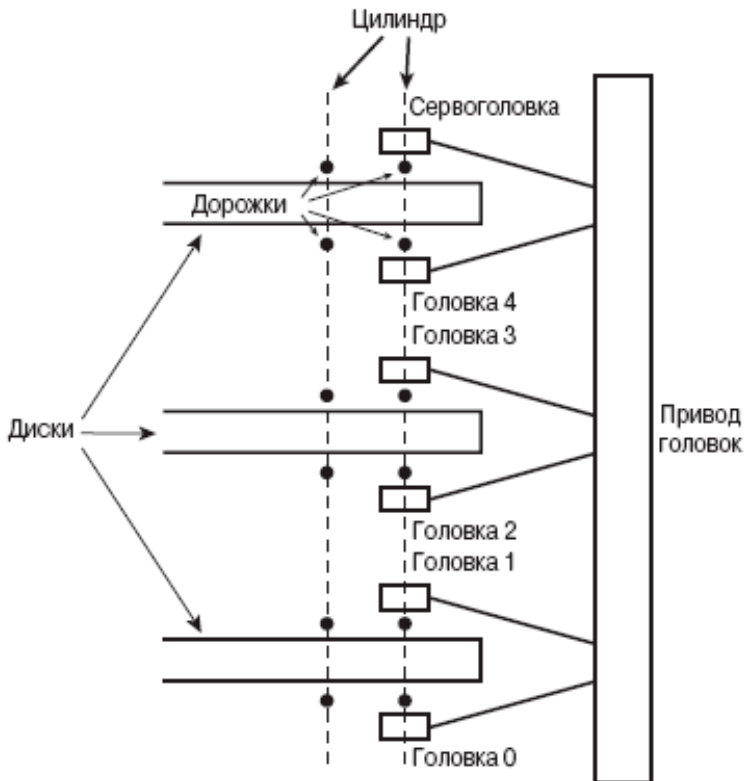


Рисунок 8

Шестнадцатая — это сервоголовка, работающая только со специализированным диском.

Практически во всех накопителях большой емкости используется описанный способ записи сервокодов, благодаря которому их считывание происходит постоянно, независимо от положения головок. Это позволяет добиться максимальной точности позиционирования головок. Существуют также накопители, в которых сочетаются оба метода корректировки положения головок: со встроенными кодами и со специализированным диском.

Однако такие «гибриды» встречаются крайне редко. Как уже отмечалось, современные накопители ATA и SCSI имеют некоторое количество головок и дорожек, каждая из которых разделена на определенное число секторов. Эти параметры преобразованы на основе реально существующих физических величин. Таким образом, опубликованные параметры далеко не всегда позволяют получить представление о точном количестве головок или жестких дисков, существующих в данном накопителе.

Автоматическая парковка головок

При выключении питания с помощью контактной парковочной системы (*Contact Start Stop* — CSS) рычаги с головками опускаются на поверхности дисков. Накопители способны выдержать тысячи «взлетов» и «посадок» головок, но желательно, чтобы они происходили на специально предназначенных для этого участках поверхности дисков, на которых не записываются данные.

При этих взлетах и посадках происходит износ (абразия) рабочего слоя, так как из под головок вылетают «клубы пыли», состоящие из частиц рабочего слоя но-

сителя; если же во время взлета или посадки произойдет сотрясение накопителя, то вероятность повреждения головок и дисков существенно возрастет. В более современных накопителях, использующих механизм загрузки/разгрузки, непосредственно над внешней поверхностью жестких дисков установлена наклонная пластина, что позволяет избежать контакта между головками и жесткими дисками даже при отключении накопителя. После прекращения подачи напряжения накопитель с механизмом загрузки/разгрузки автоматически «паркует» головки на наклонной пластине.

Одним из преимуществ привода с подвижной катушкой является автоматическая парковка головок. Когда питание включено, головки позиционируются и удерживаются в рабочем положении за счет взаимодействия магнитных полей подвижной катушки и постоянного магнита. 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. По мере уменьшения частоты вращения дисков головки с характерным потрескиванием «приземляются» именно в этой зоне. Таким образом, чтобы в накопителях с приводом

от подвижной катушки привести в действие механизм парковки головок, достаточно просто выключить компьютер; никакие специальные программы для этого не нужны. В случае внезапного отключения питания головки паркуются автоматически.

S.M.A.R.T.

Технология самотестирования, анализа и отчетности (*Self Monitoring, Analysis and Reporting Technology* — S.M.A.R.T.) — это промышленный стандарт, описывающий методы предсказания появления ошибок жесткого диска. При активизации системы S.M.A.R.T. жесткий диск начинает отслеживать определенные параметры, чувствительные к неисправностям накопителя или указывающие на них. На основе отслеживаемых параметров можно предсказать сбой в работе накопителя. Если на основе отслеживаемых параметров вероятность появления ошибки возрастает,

S.M.A.R.T. генерирует для BIOS или драйвера операционной системы отчет о возникшей неполадке, который указывает пользователю на необходимость немедленного резервного копирования данных до того момента, когда произойдет сбой в накопителе.

SMART производит наблюдение за основными характеристиками накопителя, каждая из которых получает оценку. Характеристики можно разбить на две группы:

- параметры, отражающие процесс естественного старения жесткого диска (число оборотов шпинделя, число перемещений головок, количество циклов включения-выключения);

- текущие параметры накопителя (высота головок над поверхностью диска, число переназначенных секторов, время поиска дорожки и количество ошибок поиска).

На основе отслеживаемых параметров S.M.A.R.T. пытается определить тип ошибки. По данным компании Seagate, 60% ошибок механические. Именно этот тип ошибок и предсказывается S.M.A.R.T. Разумеется, не все ошибки можно предсказать, например появление статического электричества, внезапную встряску или удар, термические перегрузки и т.д.

Технология S.M.A.R.T. позволяет осуществлять:

- мониторинг параметров состояния;
- сканирование поверхности;
- сканирование поверхности с автоматической заменой сомнительных секторов на надежные.

Следует заметить, что технология SMART позволяет предсказывать выход устройства из строя в результате механических неисправностей, что составляет около 60 % от причин[1], по которым винчестеры выходят из строя.

Технология S.M.A.R.T. была разработана IBM в 1992 году. В том же году IBM выпустила жесткий диск формата 3,5 дюйма с модулем *Predictive Failure Analysis* (PFA), который измерял некоторые параметры накопителя и в случае их критического изменения генерировал предупреждающее сообщение. IBM передала на рассмотрение организации ANSI спецификацию технологии предсказания ошибок накопителя, и в результате появился ANSI стандарт — протокол S.M.A.R.T. для устройств SCSI (документ X3T10/94–190).

Для накопителей с интерфейсом IDE/ATA технология S.M.A.R.T. была реализована лишь в 1995 году. В разработке этого стандарта принимали участие компании Seagate Technology, Conner Peripherals (в настоящее время является подразделением Seagate), Fujitsu, Hewlett Packard, Maxtor, Quantum и Western Digital. Результатом их работы стала спецификация S.M.A.R.T. для накопителей на жестких дисках с интерфейсами IDE/ATA и SCSI, и они сразу же появились на рынке.

В накопителях с интерфейсами IDE/ATA и SCSI реализация S.M.A.R.T. подобна, за исключением отчетной информации. В накопителях с интерфейсом IDE/ATA драйвер интерпретирует предупреждающий сигнал накопителя, генерируемый командой **S.M.A.R.T. report status**. Драйвер запрашивает у накопителя статус этой команды. Если ее статус интерпретируется как приближающийся крах жесткого диска, то операционной системе посылается предупреждающее сообщение, а та, в свою очередь, информирует об ошибке пользователя. Такая структура в будущем может дополняться новыми свойствами.

Операционная система может интерпретировать атрибуты, которые передаются с помощью расширенной команды **report status**. В накопителях с интерфейсом SCSI S.M.A.R.T. информирует пользователя только о двух состояниях накопителя — о нормальной работе и об ошибке. Для функционирования S.M.A.R.T. необходима поддержка на уровне BIOS или драйвера жесткого диска операционной системы (и, естественно, накопитель на жестких дисках, который поддерживает эту технологию). Функции S.M.A.R.T. задействованы несколькими

программами, например Norton Smart Doctor от компании Symantec, EZ от компании Microhouse International или Data Advisor от Ontrack Data International.

Обратите внимание, что традиционные программы диагностики диска, например Scandisk, работают с секторами данных на поверхности диска и не отслеживают всех функций накопителя в целом. В некоторых современных накопителях на жестких дисках резервируются секторы, которые в будущем используются вместо дефектных.

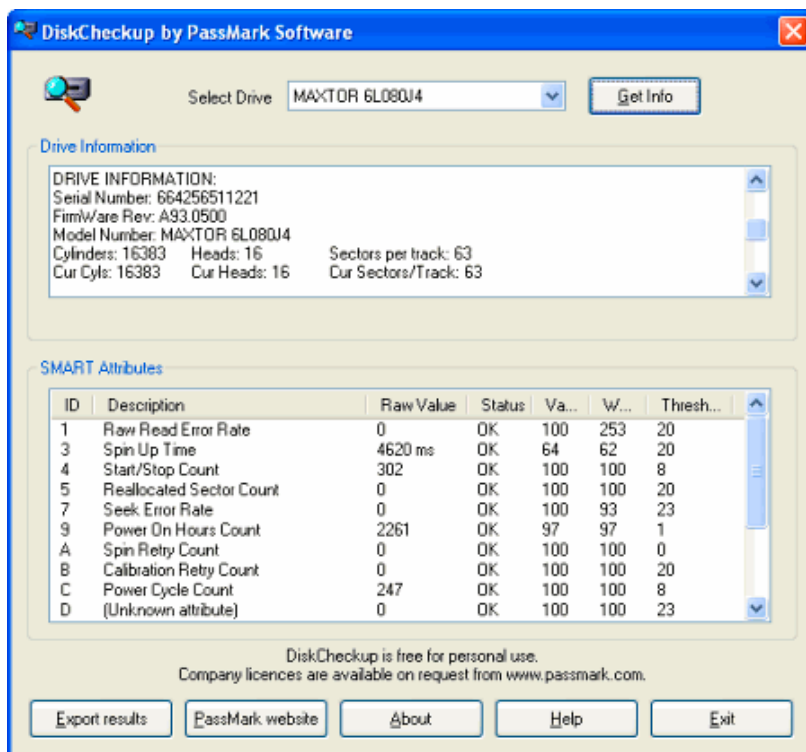


Рисунок 9. PassMark DiskCheckup позволяющая пользователям осуществлять мониторинг работы жестких дисков ПК, поддерживающих технологию S.M.A.R.T

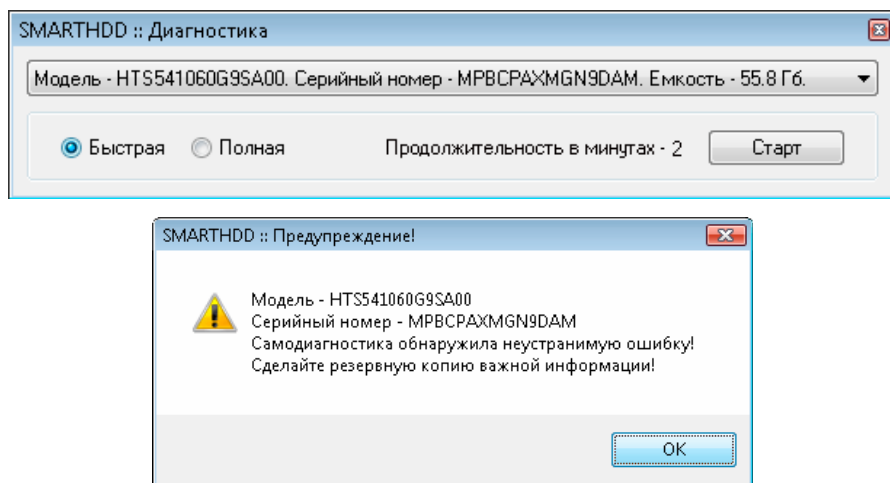


Рисунок 10. Пример работы системы мониторинга SMARTHDD

Основные характеристики жестких дисков

Интерфейс — набор, состоящий из линий связи, сигналов, посылаемых по этим линиям, технических средств, поддерживающих эти линии, и правил обмена. Современные накопители могут использовать интерфейсы ATA (*AT Attachment*, он же IDE — *Integrated Drive Electronic*, он же Parallel ATA), (EIDE), Serial ATA, SCSI (*Small Computer System Interface*), SAS, FireWire, USB, SDIO и Fibre Channel.

Сравнения интерфейса

	Пропускная способность, Мбит/с	Макс. длина кабеля, м	Требуется ли кабель питания	Кол-во накопителей	Число проводников кабеля	Другие особенности
UltraATA/133	1064	0.46	Да(3.5")/ Нет(2.5")	2	80/40	Controller + 2Slave, горячая замена невозможна

	Пропуск- ная спо- собность, Мбит/с	Макс. длина кабеля, м	Требуется ли кабель питания	Кол-во нако- пите- лей	Число прово- дников кабеля	Другие особенности
SATA/300	2400	1	Да	1	4	Host/Slave, возможна горячая замена на некоторых контроллерах
FireWire/400	400	4.5	Да/Нет (зависит от типа ин- терфейса и накопи- теля)	63	4/6	устройства равноправны, горячая замена возможна
FireWire/800	800	4.5	Нет	63	4/6	устройства равноправны, горячая замена возможна
USB 2.0	480	5	Да/Нет (зависит от типа нако- пителя)	127	4	Host/Slave, горячая замена возможна
Ultra-320 SCSI	2560	12	Да	16	68/50	устройства равноправны, горячая замена возможна
eSATA	2400	2	Да	1	4	Host/Slave, горячая замена возможна

Ёмкость (англ. *capacity*) — количество данных, которые могут храниться накопителем. Ёмкость современных устройств достигает 4000 Гб и постоянно растет. В отличие от принятой в информатике системе приставок, обозначающих кратную 1024 величину (кило=1024, мега=1048576 и т. д.; позже для этого были не очень успешно введены двоичные приставки), производителями при

обозначении ёмкости жёстких дисков используются кратные 1000 величины. Так, например, «настоящая» ёмкость жёсткого диска, маркированного как «200 Гб», составляет 186,2 ГБ. Кроме того, часть производителей указывают неформатированную ёмкость (вместе со служебной информацией), что делает ещё большим «зазор» между заявленными «200 Гб» и реальными 160 ГБ.

Физический размер (форм-фактор) — почти все современные накопители для персональных компьютеров и серверов имеют размер либо 3,5, либо 2,5 дюйма. Последние чаще применяются в ноутбуках. Получили распространение форматы — 1,8 дюйма, 1,3 дюйма и 0,85 дюйма. Производство накопителей в формфакторе 5,25 дюймов, уже давно прекращено.

Время произвольного доступа (англ. *random access time*) — от 3 до 15 мс, как правило, минимальным временем обладают серверные диски.

Скорость вращения шпинделя (англ. *spindle speed*) — количество оборотов шпинделя в минуту. Разумеется, чем быстрее вращаются диски, тем быстрее можно получить доступ к диску, тем быстрее диски проходят под магнитными головками, следовательно, тем быстрее можно считывать-записывать данные. Следовательно от этого параметра в значительной степени зависят время доступа и скорость передачи данных. В настоящее время выпускаются диски со следующими стандартными скоростями вращения: 4200, 5400 и 7200 (ноутбуки), 7200 и 10000 (персональные компьютеры), 10000 и 15000 об./мин. (серверы и высокопроизводительные рабочие станции).

Надёжность (англ. *reliability*) — определяется как среднее время наработки на отказ (*Mean Time Between Failures*, MTBF). См. также Технология SMART. (S.M.A.R.T. (англ. *Self Monitoring Analysing and Reporting Technology*) — технология оценки состояния жёсткого диска встроенной аппаратурой самодиагностики, а также механизм предсказания времени выхода его из строя.)

Количество операций ввода-вывода в секунду — у современных дисков это около 50 оп./сек при произвольном доступе к накопителю и около 100 оп./сек при последовательном доступе.

Уровень шума — шум, который производит механика накопителя при его работе. Указывается в децибелах. Тихими накопителями считаются устройства с уровнем шума около 26 дБ и ниже. Шум состоит из шума вращения шпинделя (в том числе аэродинамического) и шума позиционирования.

Сопrotивляемость ударам (англ. *G-shock rating*) — сопротивляемость накопителя резким скачкам давления или ударам, измеряется в единицах допустимой перегрузки во включённом и выключенном состоянии.

Логическое строение диска

Давайте теперь разберемся с логической структурой диска. Естественно предположить, что минимальная единица записываемой информации — не бит, а гораздо более крупный блок данных. Действительно, если бы каждый бит записывался бы независимо, то необходимо было бы адресоваться к каждому биту на диске в отдельности. Так как бит на современном

диске сотни миллиардов, то пришлось бы адресоваться к огромному числу блоков данных на диске, а это крайне неэффективно.

Поэтому диск разбивают на гораздо более крупные логические части, нежели куски по одному биту.

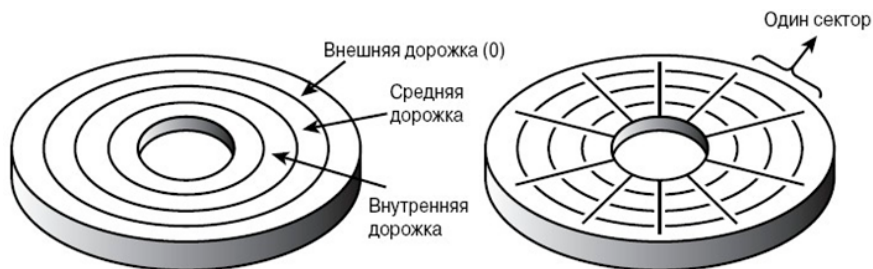


Рисунок 11. Дорожки и секторы накопителя на жестких дисках

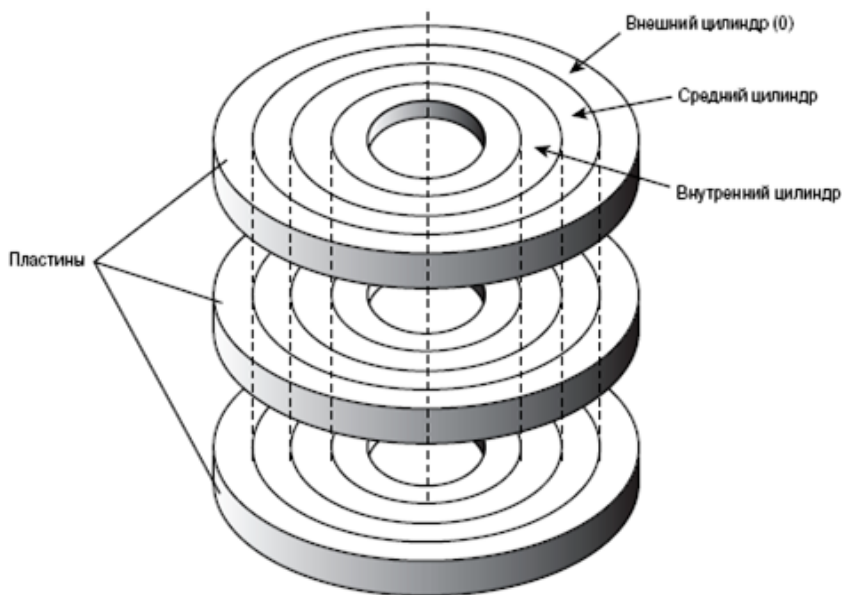


Рисунок 12. Цилиндр накопителя на жестких дисках

Каким образом производят подобное разбиение? Каждый диск разбивается на дорожки (*Track*), концентрические кольца. Кроме того, диск разбивают на секторы, области пересечения секторов и дорожек называют блоками (*block*), в блоке хранится 512 байт полезной информации. Тогда количество блоков на одной пластине равно произведению количества секторов на количество дорожек. Как учесть тот факт, что диск состоит из некоторого количества пластин? На первый взгляд нужно умножить количество блоков на одной пластине на количество пластин. Однако, если подумать, то правильнее будет сказать, что количество блоков на одной пластине (точнее, на одной стороне!) нужно умножить на количество используемых сторон, а если вспомнить, что количество используемых сторон равно количеству магнитных головок (*head*) на диске, то получаем итоговую формулу:

$$\begin{aligned} & \text{Количество блоков на диске} = \\ & \text{Количество дорожек} * \text{Количество секторов} * \\ & \text{Количество головок} \end{aligned}$$

$$\mathbf{Blocks = Tracks * Sectors * Heads}$$

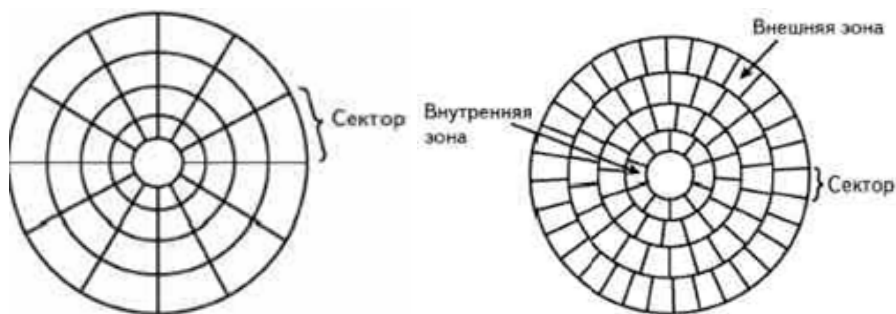
А емкость диска равна количеству блоков умноженному на объем одного блока, т.е. на 512 байт. Единственное замечание: так как магнитные головки жестко скреплены друг с другом, то запись производится на все дорожки всех сторон одновременно. Следовательно, вместо понятия «дорожка» следует ввести понятие, описывающее все равноудаленные от центра дорожки на всех сторонах всех пластин: совокупность таких дорожек по понятным

соображениям (вспоминаем школьный курс геометрии) называется цилиндром (*cylinder*).

Итого:

Емкость диска = Cylinders * Sectors * Heads * 512 byte.

Обращение к каждому блоку на диске (адресация блока), совершенно необходимое для работы с устройством осуществляется посредством задания номера цилиндра, сектора и головки для каждого блока. Т.е., по сути на диске вводится цилиндрическая система координат и каждый блок на диске имеет в этой системе координат свой собственный уникальный адрес, по которому контроллер жесткого диска находит необходимый блок. Такая адресация называется CHS (*Cylinder, Sector, Head*) или Normal.



Мы рассмотрели очень простую адресацию, на самом деле все гораздо сложнее, есть ряд причин, приводящих к тому, что так адресоваться к блокам на жестком диске нельзя.

Первая причина состоит в том, что идеальное разбиение диска на сектора приводит к тому, что блоки на внутренних цилиндрах будут иметь меньшую площадь, нежели блоки, расположенные на внешних цилиндрах. А так как объем информации в КАЖДОМ блоке одинаковый,

то можно заметить, что полезная площадь диска используется крайне неэффективно: внешние блоки занимают слишком большую площадь. Для того, чтобы избежать такого расточительного расходования дискового пространства, применяют зонное деление на сектора. Т.е. на внутренних цилиндрах сектора шире, а на внешних — более узкие, так, чтобы сделать более эффективным использование площади поверхности диска. Однако про такой диск уже нельзя сказать, что он имеет некоторое количество секторов количество секторов зависит от цилиндра.

Следовательно, рассмотренная нами выше схема адресации уже не может соответствовать реальной геометрии жесткого диска. Для того, чтобы по-прежнему пользоваться введенной системой координат, нужен какой-то механизм ТРАНСЛЯЦИИ, который смог бы преобразовать реальную геометрию жесткого диска в некоторую идеальную, в которой он имеет фиксированное количество секторов. В таком случае трансляция должна поддерживаться самим диском.

Обращения к диску в рамках описанной системы координат выполняет BIOS контроллера жесткого диска. В силу некоторых причин при написании первых BIOS для PC было зарезервировано явно недостаточное количество бит для хранения информации о цилиндрах, секторах и головках.

Первые BIOS поддерживали обращение лишь к 1024 цилиндрам, 64 секторам и 16 головкам. Простейший расчет показывает, что в таком случае BIOS может обращаться только к 512 Мбайтам жесткого диска! Вот она, цена непродуманности. Впрочем такой непродуманности в PC

достаточно много, вспомним хотя бы проблему 2000-го года: пожалели зарезервировать лишние 2 байта для хранения информации о годе.

Разумеется, сегодня совершенно никуда не годится поддержка дисков емкостью только 512 Мбайт. Для того, чтобы решить эту проблему следует добавить еще некоторое количество бит для хранения информации о цилиндрах и секторах. Однако, это не так просто: необходимые области памяти зарезервированы под другие нужды. Выход, тем не менее, удалось найти: оказалось возможным добавить некоторое количество бит под хранение информации о головках: BIOS получил возможность обращаться к 256 головкам. Но, естественно, такого количества головок у реального диска быть не может :). Однако, если геометрия жесткого диска и так не соответствует реальной, то какая уже разница, как производить трансляцию — лишь бы она позволяла обратиться к большему количеству блоков на диске.

Для того, чтобы использовать большее поддерживаемое количество головок, был разработан метод трансляции, названный **LBA** (*Logical Block Addressing*) — логическая блочная адресация. При такой адресации реальная геометрия диска с большим количеством цилиндров и секторов, заменяется виртуальной, при которой полагается, что у диска меньше цилиндров, но больше головок. Естественно, такая адресация не соответствует реальной геометрии, впрочем, в этом и нет острой необходимости, главное, что теперь можно в рамках рассмотренной системы координат обратиться к большему количеству блоков. Фактически необходим способ перенумеровать

блоки для того, чтобы к ним обращаться, и трансляция LBA призвана решить эту проблему. Для того, чтобы трансляция LBA работала, и диск, и BIOS контроллера должны ее поддерживать. Так как количество поддерживаемых головок увеличилось в 16 раз, то и максимальный объем диска, поддерживаемый новой трансляцией стал в 16 раз больше: примерно 8,3 Гбайт. С одной стороны это большой шаг вперед относительно CSH, с другой стороны и такого объема сегодня мало. Но дальнейшее увеличение количества цилиндров, головок и секторов невозможно: дальнейшее обращение к жесткому диску в режиме LBA уже не поддерживает сам BIOS. Но тем не менее выход есть: обращение к цилиндрам выше 1024 обеспечивается средствами самих операционных систем.

Основной вывод: сегодня применяется только трансляция LBA, а когда объем диска выходит за рамки допустимых 8,3 Гбайт, то обращение к остальным цилиндрам производится самой операционной системой. Когда Вы встретитесь с некоторыми диагностическими утилитами для работы с жесткими дисками, Вы обнаружите, что те утилиты, которые работают через BIOS, «видят» только 8,3 Гбайт Вашего жесткого диска, а те утилиты, которые работают напрямую с оборудованием, нормально обращаются ко всему объему жесткого диска.

Подключение жесткого диска

Для подключения старых PATA жестких дисков ранее использовался специальный 40-контактный ленточный кабель, показанный на рисунке 15. Как видно, на кабеле было три разъема: один подключался к материнской пла-

те, два остальных служили для подключения собственно дисков (как мы уже говорили, к одному порту, т.е. на один кабель можно подключить два устройства).

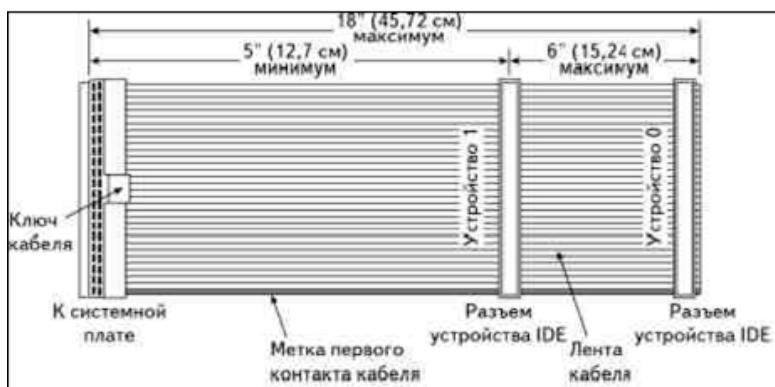


Рисунок 15



Рисунок 16

Соответственно на любом IDE устройстве имеется соответствующий разъем, к которому подключается ка-

бель, его Вы тоже можете видеть на рисунке 16. Одно-го контакта (штырька) у жесткого диска нет, а на кабеле обычно наглухо закрыто соответствующее отверстие: это схема служит ключом, не позволяя установить кабель наоборот. Кроме того, как можно видеть на рисунке, демонстрирующем подключение кабеля, существует еще один ключ: выступ на кабеле и вырез у разъема устройства, которые тоже не позволяют неверно подключить кабель. При неверном подключении кабеля компьютер обычно не запускался и можно было слышать, что жесткий диск даже не раскручивается. Оба разъема для подключения ДИСКОВ эквивалентны — вы можете подключить единственный диск к любому из разъемов, если же Вы подключаете два диска, вам необходимо было некоторым образом настроить диски, чтобы один был ведущим (*master*, первым), а второй ведомым (*slave*, вторым). Такие настройки выполняются на самом диске, для этого на каждом жестком диске был набор перемычек, с помощью которых настраивался номер устройства на кабеле. Набор таких перемычек Вы можете видеть на рисунке, иллюстрирующем подключение диска к кабелю — эти перемычки находятся между интерфейсным разъемом и разъемом питания. Такие перемычки имеют обычно следующие состояния:

- **Single** — устройство единственное на кабеле, в современных дисках применяется очень редко.
- **Master** — устройство ведущее при наличии ведомого (если режима Single не указано, то Master используется и для подключения одиночного диска).

- **Slave** — устройство ведомое, второе при наличии первого. (использование только ведомого устройство, при отсутствии ведущего иногда возможно, а иногда — нет, такого режима следует по возможности избегать).
- **Cable Select** — определяется кабелем. Как мы уже сказали, кабель совершенно симметричный, следовательно, не может распределять номера устройствам. И никакого противоречия тут нет — раньше просто в режиме CS использовался специальный кабель, одна жила которого проколота, причем прокол располагается между разъемами для дисков (иначе, если бы прокол располагался между разъемом к плате и первым разъемом к диску, кабель оставался бы симметричным относительно обоих дисков).

Современные Serial ATA (SATA) диски подключаются проще: один диск подключается одним кабелем, никаких предварительных настроек на диске делать не нужно. Современный кабель изображен на рисунке 17:



Рисунок 17

Как PATA так и SATA диски нуждаются также в подключении кабеля питания.

Деление жесткого диска на логические части

В те времена, когда накопители на жестких магнитных дисках только начали применяться в персональных компьютерах, разрядность файловой системы применяемой в DOS позволяла адресовать до 32 Мб дискового пространства. Но очень быстро появились жесткие диски объемом 40 и более мегабайт, и стал вопрос — каким образом «подружить» новые накопители и старую операционную систему? Выход был найден быстро: была предложена система разбиения жесткого диска на логические диски (разделы).

На каждом жестком диске может существовать до 4 так называемых первичных (*primary*) разделов включительно, на каждом таком разделе можно хранить файлы и папки. А как поступить, если Вам необходимо разделить диск на большее количество логических частей? Тогда можно на диске создать так называемый дополнительный (расширенный, *extended*) раздел. Такой дополнительный раздел на диске может быть только один, и при этом он может существовать только вместо одного из первичных разделов, т.е. при применении расширенного раздела первичных может быть максимум три. В чем же тогда преимущество использования расширенного раздела?

Дело в том, что в расширенном разделе не хранят файлы и папки, там хранят логические диски, и таких логических дисков в расширенном разделе может быть много, но есть ограничение на их количество: сумма первичных разделов и логических дисков в расширенном разделе не должна превышать 32. Итого, если Вам

необходимо четыре или меньше разделов, Вы можете создать на вашем диске соответствующее количество первичных разделов, если же Вам нужно больше разделов, то можно создать три первичных, дополнительный, а в нем выделить необходимое количество логических дисков. Но так обычно не поступают. Дело в том, что старые операционные системы не поддерживают более одного первичного раздела на одном жестком диске. Поэтому деление жесткого диска на разделы обычно производят следующим образом: выделяют один первичный раздел, остальное место отводят под дополнительный раздел, который в свою очередь делят на необходимое количество логических дисков.

Кроме того, помимо разделения жесткого диска на разделы, необходимо еще назначить один из разделов активным: только с активного раздела можно загрузить операционную систему и стартовать компьютер. Активным может быть только первичный раздел.

Для манипуляций с разделами в операционных системах существуют специальные средства и инструменты, мы будем изучать такие инструменты при изучении соответствующих операционных систем.

Твердотельные накопители информации

С середины 1980-х годов основным устройством хранения, используемым компьютерами, был жесткий диск. Однако в последнее время твердотельные накопители (SSD), которые используют высокоскоростную флэш-память, все чаще используются в качестве замены

жесткого диска. Хотя твердотельные накопители могут физически заменить магнитный диск (HDD), особенно в качестве загрузочного устройства, они работают с использованием совершенно другого набора принципов, которые могут потребовать дополнительных настроек и действий, отличных от тех, которые применяются к обычным жестким дискам. Полезным дополнением к основному месту хранения для задач резервного копирования данных, передачи данных между компьютерами и временного хранения являются такие устройства, как флэш-память.

Флэш-память — это особый тип микросхемы памяти, которая является энергонезависимой. Карты флэш-памяти можно легко перемещать с цифровых камер на ноутбуки или настольные компьютеры и даже вставлять в фотопринтеры или автономные устройства для отображения фотографий. Флэш-память может хранить любой тип компьютерных данных, но разрабатывалась она изначально для хранения цифровых фотографий. Однако смартфоны, цифровые медиаплееры и планшеты также используют съемную флэш-память и так называемые «флэшки», которые подключаются непосредственно к USB-порту, помогли сделать флэш-память основным носителем данных, который заменил дискеты и прочие подобные устройства небольшой емкости. Флэш-память в виде SSD быстро заполняет рынок в области накопителей информации, как высокоскоростная альтернатива обычному хранению на магнитных жестких дисках, особенно в ноутбуках и в качестве основного хранилища на ПК.

Флэш-память была изобретена Fujio Masuoka в Toshiba в начале 1980-х годов. В то время Toshiba, к сожалению, не знала, насколько важно это изобретение, и к 1988 году Intel представила конкурентоспособные версии и быстро взяла на себя инициативу по её развитию и производству. Флэш-память — это тип энергонезависимой памяти, которая может быть электрически запрограммирована и стерта. Первоначально память такого типа использовалась на материнских платах ПК как электрически стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (EEPROM) для хранения базовой системы ввода/вывода материнской платы (BIOS). Флэш-накопители заменили эту память, которую можно было запрограммировать или стереть только специальным оборудованием, и только после ее извлечения из материнской платы. Флэш-память можно рассматривать как нечто среднее между оперативной памятью ОЗУ и памятью ПЗУ. Как и оперативная память, флэш-память может быть записана непосредственно в системе, но точно так же как ПЗУ она полностью энергонезависима, то есть сохраняет данные после отключения питания (и без батареи, как это работает у CMOS). Помимо этого, есть еще одна большая разница между флэш-памятью и обычной оперативной памятью: система не может перезаписать флэш-память; она всегда должна сначала стереть содержимое записываемых ячеек.

Перед стиранием ячейки флэш-памяти находятся в состоянии низкого напряжения, которое несет логическое значение 1. Запись ячейки (или программирование) помещает заряд в плавающие ворота транзистора, что изменяет значение с 1 на 0. После того, как флэш-ячейка

запрограммирована (то есть, изменена на 0), единственный способ ее изменить — вернуться к 1, стерев её. Проблема в том, что, хотя вы можете программировать отдельные ячейки или страницы, вы можете стереть ячейки или страницы только на основе блоков, а блок обычно состоит из тысячи ячеек (в большинстве случаев 512 КБ). Фактически, программирование и стирание — это направление потока электронов в плавающие затворы транзистора и из него посредством процесса, известного как Фаулер-Нордхайм туннелирование.

Два основных типа технологии флэш-памяти называются NOR (Not OR) и NAND (Not AND). Оба используют один и тот же базовый транзисторный (ячеистый) дизайн, но они отличаются тем, как ячейки взаимосвязаны. Флэш NOR больше похожа на динамическую RAM (DRAM), обеспечивая высокоскоростной случайный доступ с возможностью чтения или записи данных в однобайтовых количествах. NOR — это тип памяти, используемый для флэш-дисков, например, на материнских платах, сотовых телефонах и большинстве устройств которые имеют обновляемую прошивку. С другой стороны, флэш NAND работает больше как устройство хранения данных, чтения и записи данных на страницах или блоков вместо отдельных байтов. Флэш-память NAND используется в устройствах, которые хранят файлы, такие как SSD, USB-флэш или флэш-карты, используемые в цифровых камерах, медиаплеерах и т.д. NAND имеет большую плотность записи, чем NOR, сохраняя больше данных в заданном объеме пространства и меньшую стоимость в пересчете на объем хранения.

Ниже перечислены основные типы флэш-накопителей:

- CompactFlash (CF)
- SmartMedia (SM)
- MultiMediaCard (MMC)
- SecureDigital (SD)
- Memory Stick
- ATA Flash
- xD-Picture Card
- Solid-state drive (SSD)
- USB flash devices

SecureDigital

Устройство хранения *SecureDigital* (SD) был совместно разработан Toshiba, Matsushita Electric (Panasonic) и SanDisk в 1999 году.

Оно получило свое название от двух специальных функций. Первая — это зашифрованное хранение данных для дополнительной безопасности, отвечающее текущим и будущим стандартам SDMI (*Secure Digital Music Initiative*) для портативных устройств. Вторая — механический переключатель защиты от записи. Стандарт SDIO был создан в январе 2002 года, чтобы можно было использовать SD для небольших цифровых камер и других устройств. Ассоциация SD Card (www.sdcard.org) была создана в 2000 году для продвижения SD стандарта и способствуют разработке новых продуктов. Обратите внимание, что ноутбуки, как правило, оборудованы слотами SD. Версии SD с уменьшенным размером включают MiniSD (введен в 2003 году) и MicroSD (введен в 2005). MiniSD и MicroSD являются по-

пулярным выбором для смартфонов и планшетов и могут быть адаптированы к стандартному слоту SD. MicroSD совместим со стандартом TransFlash для мобильных телефонов. Исходный стандарт SD допускал использование карт памяти емкостью до 2 ГБ. Для поддержки больших объемов хранения данных в 2006 году был разработан стандарт SDHC (High Capacity). SDHC поддерживает карты от 4 ГБ до 32 ГБ. Чтобы увеличить объем более чем на 32 ГБ, в 2009 году был выпущен формат SDXC (eXtended Capacity). SDXC поддерживает объем до 2 ТБ. Обратите внимание, что устройства имеют обратную совместимость, то есть устройство, поддерживающее SDXC, также поддерживает SDHC и стандартные SD-карты. Устройство, поддерживающее SDHC, также принимает стандартные SD-карты, но такое устройство не поддерживает карты SDXC. Устройства, поддерживающие только стандартный SD, не поддерживают карты SDHC или SDXC.

Твердотельные накопители

В общем случае твердотельный накопитель (SSD) представляет собой любой накопитель информации, использующий твердотельную электронику. Многие считают, что SSD — это новая технология для компьютерной техники, но в действительности они были в той или иной форме с 1950-х годов, ещё задолго до появления персональных компьютеров. Сегодня твердотельные накопители используются для решения практически любых задач, которые традиционно выполнялись на магнитных и оптических приводах, а именно — системные диски, первичное и вторичное хранилище данных и съемные носители информации.

Виртуальный SSD (RAMdisk)

Хотя большинство людей думают о физическом диске, когда они обсуждают SSD, эти диски доступны и как виртуальный диск. Виртуальный SSD традиционно называется RAMdisk, поскольку он использует часть оперативной памяти системы, чтобы действовать как диск. **Преимущества** — невероятная производительность чтения/записи (это RAM, в конце концов), а **недостатки** — все данные теряются, когда система завершает работу или выполняется перезагрузка системы. Так же, часть оперативной памяти, выделяемая для RAMdisk, становится недоступной для операционной системы и приложений.

Твердотельные накопители на основе флэш-памяти

Вскоре после выхода IBM PC в 1981 году несколько компаний разработали и выпустили физические SSD, которые могут функционировать как прямая замена жесткого диска. Многие из них использовали обычную динамическую или статическую ОЗУ с дополнительной батареей для резервного питания, тогда как другие использовали более экзотические формы энергонезависимой памяти, которые не требовали дополнительного питания. Например, Intel выпустила тип память в конце 1970-х годов, которая называлась «пузырь» и использовалась в нескольких типах SSD. Память «пузырь» была даже включена в Grid Compass в 1982 году (один из первых выпущенных ноутбуков). Хотя SSD могут использовать любой тип технологии памяти, когда люди думают о современных SSD, они думают о тех, которые используют флэш-память. С момента появления флэш-накопите-

ли начали применяться на ноутбуках от Dell, Asus, Lenovo и других в 2007-2008 годах. С тех пор многие другие ноутбуки, планшеты и настольные компьютеры активно используют флэш-накопители SSD. С тех пор, как SSD впервые стали доступны для ПК в начале 1980-х годов, многие думали, что они в конечном итоге заменят жесткие диски. Ну, прошло почти 40 лет с тех пор, но предсказание так и не сбылось. До недавнего времени основным препятствием, мешающим SSD-накопителям полностью заменить магнитные жесткие диски, было соотношение стоимости одного Гб — производительность. Ранние SSD были медленнее, чем жесткие диски особенно при записи данных, а производительность часто резко снижалась по мере того, как диск заполнялся данными. Разработка аппаратных средств и операционных систем контроллера, оптимизированных для SSD, позволила современным SSD превосходить обычные жесткие диски в производительности. Хотя в пересчете на стоимость хранения SSD дороже, чем традиционные жесткие диски, разница в ценах становится все меньше, с одновременным увеличением производительности. SSD теперь широко используются для приложений, где стоимость не так важна, как производительность и долговечность. Смартфоны, планшеты, нетбуки, ультрабуки, да и обычные ноутбуки активно используют SSD-накопители. Многие системы обеспечивают баланс между более высокой производительностью твердотельных накопителей и большей емкостью магнитных с использованием обеих технологий. Многие аппаратные решения используют небольшой SSD для операционной системы и обычный или гибридный жесткий диск SATA

для приложений и системного хранилища. Многие высокопроизводительные настольные системы также используют SSD от 128 ГБ до 512 ГБ или больше в качестве системного диска и традиционный жесткий диск для дополнительного хранения.

Современные SSD-интерфейсы могут использовать SATA (*Serial ATA*) для подключения к ПК и отображаются просто как стандартные жесткие диски для системы. Некоторые высокопроизводительные твердотельные накопители имеют форм-фактор в виде плат расширения предназначенных для подключения в слоты шины PCI Express 4x и выше.

SLC против MLC против TLC

Как упоминалось ранее, SSD используют технологию NAND flash. Три подтипа этой технологии:

- SLC (одноуровневая ячейка),
- MLC (многоуровневая ячейка),
- TLC (трехуровневая ячейка).

Флэш SLC хранит 1 бит в одной ячейке, тогда как MLC сохраняет 2 бита в одной ячейке. Последняя версия TLC хранит 3 бита в одной ячейке. По сравнению с SLC, MLC удваивает плотность, в то время как TLC утраивает плотность. TLC использует меньший размер массива (10.7Gb против 16Gb в SLC и MLC) для обеспечения большего количества штампов на пластину и снижения стоимости. SSD доступны с использованием всех трех технологий, причем версии SLC обеспечивает более высокую производительность, более низкий объем и более высокую стоимость. Большинство основных SSD используют техно-

логии MLC или TLC, тогда как более специализированные высокопроизводительные продукты (в основном для серверных или рабочих станций) используют SLC. Среди этих технологий существуют компромиссы в отношении производительности и количества циклов запись(программирование)/стирание (P/E). Согласно Anandtech.com, SLC является самым быстрым для чтения, записи и стирания, за ним следует MLC, потом TLC. Причиной такой дифференциации является то, что SLC использует только два уровня напряжения для операций программирования/стирания: Есть и Нет. Для сравнения, MLC использует четыре уровня напряжения, а TLC использует восемь уровней напряжения. Дополнительные уровни напряжения не только уменьшают скорость работы, но также уменьшают ожидаемый срок службы ячеек памяти SSD. Одной из потенциальных проблем с флэш-памятью является то, что она изнашивается. Флэш SLC обычно рассчитаны на 100 000 циклов P/E, тогда как флэш-ячейки MLC обычно рассчитаны только на 3000 P/E циклов, а TLC около 1000 циклов P/E. При замене стандартного жесткого диска это может стать проблемой, поскольку некоторые области жесткого диска записываются часто, тогда как другие области могут быть записаны всего несколько раз по сравнению со временем жизни привода. Чтобы уменьшить этот износ, твердотельные накопители используют сложные алгоритмы выравнивания износа, которые существенно меняют или зацикливают использование ячеек, так что ни одна ячейка или группа ячеек не использовалась больше, чем другая. Кроме того, предусмотрены запасные ячейки для замены тех, которые из-

нашиваются, тем самым продлевая срок службы привода. С учетом различных моделей использования накопителей SSD, среднее расчетное время работы — не менее 10 лет при наиболее востребованном использовании, а для самых последних моделей накопителей, еще больше. По мере увеличения емкости SSD также реализуется способность алгоритма выравнивания износа распределять данные среди доступных ячеек, в результате чего накопители большего объема фактически имеют более продолжительный срок службы. Хотя и имеются значительные отличия в продолжительности жизни между дорогостоящей памятью SLC и дешевой MLC и еще более дешевой TLC, оценки, основанные на реальных тестах рабочей нагрузки, показывают, что даже приводы TLC могут работать более 10 лет, хотя, скорее всего, к этому времени их заменят более объемные, более быстрые диски.

Обратите внимание, что запуск программы дефрагментации на SSD ничего не делает в плане повышения быстродействия, а только приведет к дополнительному износу ячеек памяти. В отличие от магнитных дисков, которые должны перемещать головки для доступа к данным, записанным в разных физических областях диска, SSD может без задержки считывать данные из разных областей памяти. Концепция расположения файла становится спорной, потому что даже файлы, которые представлены как смежные с точки зрения файловой системы, на самом деле разбросаны случайным образом среди чипов памяти и ячеек в SSD. Из-за этого SSD не следует дефрагментировать как традиционные магнитные диски.

Команда TRIM

Другим способом повышения надежности и производительности SSD является расширение интерфейса ATA, которое называется команда TRIM. Эта команда позволяет операционной системе сообщать SSD, какие блоки данных больше не используются, что в свою очередь, позволяет внутренним механизмам выравнивания и обработки мусора заблаговременно очистить соответствующие ячейки для последующей записи в них, поддерживая тем самым высокий уровень производительности. Особенно это становится актуально после того, как все блоки были записаны как минимум один раз. Для этого, как привод, так и ОС должны поддерживать команду TRIM. Windows 7 и Server 2008 R2 и более поздние версии поддерживают команду TRIM, тогда как более ранние версии Windows — нет. SSD, выпущенные в 2009 году или позже, обычно поддерживают команду TRIM. При обновлении прошивки на SSD, настоятельно рекомендуется иметь полную резервную копию, поскольку в некоторых случаях обновление прошивки повторно инициализирует диск, вытирая все данные в одно мгновение.

Когда ОС удаляет файл или иным образом удаляет данные с диска, он фактически не удаляет данные. Вместо этого ОС просто отмечает таблицы распределения файлов или основных файлов, чтобы указать, что эти блоки доступны, оставляя данные в них нетронутыми. Это нормально работает на обычном магнитном жестком диске, потому что перезапись — это то же самое, что и запись, но это сильно мешает флэш-накопителю, потому что данный тип памяти не может переписать

данные напрямую. На флэш-накопителе любая перезапись заставляет диск записывать ранее существующие данные в новый блок, затем удалить блок и, наконец, записать новые данные. Через время это приводит к заполнению и замедлению SSD, хотя с точки зрения ОС там много пустого пространства.

Когда используется TRIM, всякий раз, когда файл удаляется, копируется или перемещается, или диск перереформатирован, привод сразу информируется обо всех блоках, которые больше не используются. Это позволяет приводу заранее стереть неиспользуемые блоки в фоновом режиме, гарантируя, что достаточный запас готовых для записи блоков всегда доступен, чтобы поддерживать производительность записи на высоком уровне. При запуске ОС, не поддерживающей TRIM (Vista, XP и более ранние версии), вы все равно сможете использовать преимущество TRIM путем установки приложения, поддерживающего TRIM. Например, Intel предоставляет программу, называемую Intel SSD Optimizer (часть Intel SSD Toolbox), которую вы можете периодически запускать для отправки отчета на диск, файлы которого были удалены. Другие производители SSD предоставляют аналогичные инструменты (так называемый `wiper.exe`). Если вы используете ОС, не поддерживающий TRIM, с SSD, проверьте на сайте производителя SSD, есть ли у него инструмент оптимизации.

Применение SSD

SSD идеально подходят для ноутбуков, потому что они более прочные (без движущихся частей) и их небольшие

размеры и внутреннее устройство приводит к тому, что они меньше весят и потребляют меньше энергии. Экономия в плане веса довольно незначительная, поскольку разница между SSD и обычным приводом того же (или даже большей) емкости обычно составляет всего несколько граммов. Экономия энергии более реальна — для твердотельных накопителей около одной десятой ватта по сравнению с примерно 1 ваттом для жесткого диска (в среднем). Но, несмотря на то, что одна десятая ватта звучит как значительная экономия, по сравнению с другими компонентами, такими как процессор, графический процессор и дисплей, каждый из которых потребляет около 30 ватт или более — общая экономия энергии при переходе от стандартного жесткого диска к SSD относительно низка по сравнению с общей потребляемой мощностью.

SSD идеально подходят как загрузочный диск для настольных систем из-за их производительности. Использование SSD может значительно уменьшить время загрузки ОС или время возобновления работы после гибернации. SSD менее подходят для хранения больших объемов данных. Поскольку современные SSD достаточно большие, чтобы содержать файлы операционной системы и нескольких основных приложений, неудивительно, что нетбуки, планшеты и некоторые модели ноутбуков используют их. Они также быстро дешевеют в цене за ГБ по сравнению с магнитным хранилищем и появление облачных хранилищ, приводит к тому, что системы с большими магнитными жесткими дисками большой емкости становятся менее необходимыми для ноутбуков с ориентацией на мобильность.

USB-накопители

Первоначально они рассматривались, как альтернатива съемным носителям на гибких дисках и Zip/SuperDisk. Используя USB-интерфейс, устройства флэш-памяти заменили своих предшественников как более предпочтительный способ перемещения данных между компьютерами, не имеющими возможности обмениваться данными по сети. Первый успешный накопитель этого типа — ThumbDrive Trek — был представлен в 2000 году, и с тех пор появились сотни других.

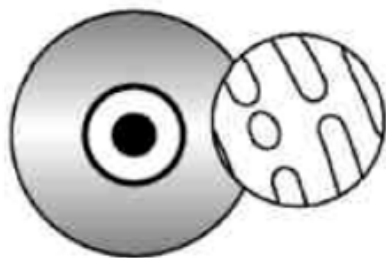
Некоторые USB флэш-накопители даже встроены в часы, ручки, открывалки для бутылок и ножи и т.д. В отличие от других типов флэш-памяти, флэш-накопители USB не требуют отдельного устройства чтения карт; они могут подключаться к любому USB-порту или концентратору. Любая система под управлением Windows XP или более поздней версии может сразу определять устройство, читать и записывать на USB-накопитель. Как и в других типах флэш-памяти, USB-накопителям при подключении к компьютеру назначается буква диска. Большинство из них имеют объем от 2 ГБ до 128 ГБ, но может быть и больше с еще большими возможностями, запланированными на ближайшее будущее. Типичная производительность чтения/записи USB 1.1-совместимых дисков составляет около 1 Мбит/с. Более высокоскоростные флэш-накопители USB 2.0 работают намного быстрее, обеспечивая скорость чтения от 5 Мбит/с до 15 Мбит/с и скорость записи составляет от 5 Мбит/с до 13 Мбит/с. Приводы флэш-памяти SuperSpeed USB (USB 3.0), доступные для портов USB 3.0, имеются у большинства со-

временных настольных компьютеров и ноутбуков. Хотя некоторые USB 3.0 накопители поддерживают производительность чтения / записи более 300 Мбит/с, настоящий интерфейс разработан для поддержки скоростей до 625 Мбит/с (5 Гбит/с) и вводится в эксплуатацию интерфейс USB 3.1, обеспечивающий теоретически достижимый предел по скорости в 10 Гбит/с. По мере улучшения контроллеров, будущие флэш-накопители USB будут, вероятно, обеспечивать производительность ближе к максимальной скорости интерфейса.

Для дополнительной защиты ваших данных, некоторые USB-накопители имеют механическую защиту от записи в виде переключателя. Другие включают или поддерживают шифрование данных с защитой паролем в качестве опции, и большинство из них способны быть загрузочным устройством. Некоторые накопители оснащены биометрической защитой — ваш отпечаток пальца является ключом к использованию содержимого диска, тогда как другие включают больше традиционное программное обеспечение для обеспечения безопасности. Некоторые компании изготавливают голые USB-накопители, которые работают как считыватели для MMC, SD, xD-Picture карт, карт памяти Compact Flash и Memory Stick.

Оптические накопители

В настоящее время применяется несколько типов оптических накопителей: полностью устаревшие CD (*compact disk*), DVD и Blu-ray. Сперва мы рассмотрим компакт диски, затем перейдем к более современным типам оптических дисков.



CD

Рисунок 18

Компакт-диски

Что же такое компакт-диск? CD это диск диаметром 120 мм, изготавливается из полимеров и покрыт металлической пленкой, обычно сплавом на основе алюминия. Информация считывается именно с этой металлической пленки, которую дополнительно покрывают слоем прозрачного полимера, который защищает данные от механического повреждения. Сверху диска обычно размещают этикетку, а с нижней части производят считывание информации. Таким образом компакт-диск является односторонним носителем информации.

Аббревиатура CDROM расшифровывается как *Compact Disk Read Only Memory*, т.е. в названии отражена важная особенность компакт диска как носителя информации — это память только для чтения, произвести перезапись на компакт-диск невозможно, это обусловлено его строением и методом размещения на нем информации.

Давайте сразу договоримся о терминологии. CDROM — это диск, носитель информации. Говоря же об устройстве для работы с этими дисками мы будем пользоваться термином CDROM Drive.

Несмотря на то, что устройство тоже нередко называют CDROM, и это вполне допустимо, такая договоренность поможет нам в дальнейшем точно понимать, о чем идет речь. Считывание информации с диска происходит за счет регистрации изменений интенсивности отраженного от алюминиевого слоя излучения маломощного лазера. Приемник (фотодатчик) определяет, отразился ли луч лазера от гладкой поверхности, или был рассеян/поглощен. Рассеивание или поглощение луча происходит в тех местах, где в процессе записи на диск были нанесены углубления (питы). Сильное отражение происходит от тех областей диска, где таких штрихов нет. Фотодатчик воспринимает лазерный луч, отраженный от поверхности диска, затем эти сигналы поступают в микропроцессор считывающего устройства, где преобразуются в двоичные данные.

Глубина каждого пита на диске равна 0,12 мкм, ширина — 0,60 мкм. Питы расположены в виде спиральной дорожки, расстояние между соседними витками которой составляет 1,60 мкм, что соответствует плотности 16 тыс.

витков на дюйм, или 625 витков на мм. Длина питов вдоль дорожки записи может колебаться от 0,9 мкм до 3,3 мкм. Дорожка начинается на некотором расстоянии от центрального отверстия диска и заканчивается примерно в 5 мм от края диска.

Если на компакт-диске (звуковом или информационном) необходимо отыскать место записи определенных данных, то его координаты предварительно считываются из оглавления диска, после чего считывающее устройство перемещается к нужному витку спирали и ждет появления определенной последовательности битов.

Запись же на компакт-диск осуществляется однократно и состоит в нанесении на чистую поверхность алюминиевого слоя соответствующего рисунка штрихов. Такая запись осуществляется либо выжиганием с помощью лазерного луча, либо путем штампования. Так как записанную поверхность уже невозможно вернуть в исходное состояние, то и произвести перезапись информации на компакт-диск нельзя.

Данные на компакт-дисках записываются с использованием технологии **CLV** (*Constant Linear Velocity* — постоянная линейная скорость), при которой запись и воспроизведение данных с компакт-диска происходят с постоянной линейной скоростью перемещения дорожки относительно считывающего устройства. Другими словами, при считывании информации с внутренних дорожек диск должен вращаться быстрее, а при считывании с внешних медленнее. Этот способ применяется потому, что первоначально компакт-диски были предназначены для воспроизведения звука, при котором требовалась

постоянная скорость считывания данных. В связи с этим спираль компакт-диска разбивается на блоки (секторы), частота следования которых при записи и воспроизведении составляет 75 блоков секунду. Это означает, что при полном времени считывания, равном 74 мин, на диске располагается 333 тыс. блоков (секторов).

CD-ROM записываются с применением технологии CLV, но приводы воспроизводят их с постоянной угловой скоростью — CAV (*Constant Angular Velocity*). При этом дорожка с данными считывается лазером с разной скоростью, в зависимости от физического расположения на диске (внутренняя или внешняя). Этот тип накопителей считывает дорожки на краю диска быстрее, чем в центре, поскольку диск вращается с постоянной скоростью.

Попробуем охарактеризовать CDROM как устройство хранения данных на РС.

Производительность

Производительность практически любого устройства хранения данных, как мы уже говорили, можно охарактеризовать двумя важнейшими параметрами: временем доступа и скоростью линейного чтения. Что касается времени доступа, то оно, очевидно, определяется скоростью вращения компакт-диска и скоростью движения считывающей головки. Вспомним, у жесткого диска характерные времена доступа — 8...10 мс. К сожалению у устройства для чтения компакт-дисков время доступа больше, нежели у самых медленных жестких дисков. Дело в том, что жесткий диск вращается с гораздо большей скоростью, нежели компакт-диск, кроме того, считывающая

лазерная головка заметно медленнее, нежели магнитная головка жесткого диска. Диск в устройстве чтения CD не может вращаться с очень высокими скоростями по очень простой причине: в устройство чтения дисков можно вставлять любые диски, а диски могут быть некачественными, например, иметь перекосы, быть неточно отцентрированными, ведь производство CD — весьма простая технология, и занимаются ей все, кому не лень. А что будет, если плохо отцентрированный диск будет вращаться с очень высокой скоростью? Правильно — он не только сам разлетится на куски, но и изувечит устройство чтения. А вот пластины для жестких дисков изготавливает и центрирует с особой тщательностью сам производитель жесткого диска. Кроме того, производитель компакт-диска не станет отвечать за испорченный CDROM Drive, в то время как производитель жесткого диска несет за него ответственность целиком. Таким образом, компакт-диск вращается в CDROM Drive медленнее, нежели пластины в жестком диске, и, как следствие, типичное время доступа у устройств чтения компакт-дисков составляет 50...80 мс. Теперь о скорости. Вы наверняка знаете, что первоначально компакт-диск планировался как носитель музыкальной информации, следовательно предъявлялись жесткие требования к постоянству скорости считывания. На музыкальном компакт-диске хранятся цифровые данные, которые необходимо считывать со скоростью примерно 150 Кбайт/с для обеспечения непрерывного воспроизведения аудио. Не мудрствуя лукаво, производители договорились измерять скорость чтения CDROM Drive как раз числами, кратными минимальной скорости чтения,

необходимой для воспроизведения аудиоданных. Т.е., например, когда говорили о четырехскоростном устройстве чтения дисков (записывают 4x), то это означает, что такой CDROM Drive может обеспечивать скорость чтения с диска $150 \text{ Кбайт/с} * 4 = 600 \text{ Кбайт/с}$.

Надежность

Теперь давайте поговорим о надежности хранения данных на CDROM. Дело в том, что первоначально CD разрабатывался для хранения музыки. Если при воспроизведении музыки с компакт-диска произойдет неверное считывание одного бита, то это не окажет никакого влияния на качество воспроизведения. Дело в том, что в секунду таких битов больше миллиона, и неправильность одного (или даже нескольких десятков) не окажет существенного влияния на звукоряд. Более того, если устройство не может считать даже очень много бит подряд, что лучше: допустить при воспроизведении музыки щелчок, или остановиться и через несколько секунд повторно попытаться считать данные? Конечно при воспроизведении музыки наиболее важна непрерывность потока, щелчок — это конечно плохо, но пауза — еще хуже. Поэтому на дисках с музыкой необходимо меньшее количество мер по обеспечению надежности считывания. Если же обрабатывается диск с данными, то неверное считывание даже одного бита приведет к полной непригодности полученных данных. Поэтому на дисках с данными, помимо полезной информации, на диск записывают еще достаточно много избыточных, лишних данных, с помощью которых в случае неуверенного чтения некоторого

количества информации можно ее восстановить. Если на диске записана музыка, то размер блока 2352 байта полностью используется для хранения музыкальных данных, если же на диске записаны данные, то только 2048 байт используется собственно под хранение данных, остальные же 304 байта (примерно одна шестая общей емкости) используется под служебные нужды, а 288 байт из них — под специальный избыточный код коррекции ошибок. На CD применяются очень мощные коды коррекции ошибок, позволяющие восстановить около 1000 (!) неверно идущих подряд бит! Помимо столь сильной программной защиты (отнимающей кстати около одной шестой полезной емкости диска), диск защищен еще и полимерной пленкой (мы о ней уже упоминали). В целом CD можно считать достаточно надежным носителем информации, однако он требует достаточно бережного обращения: поверхность диска следует предохранять от царапин. Несмотря на то, что царапины часто не слишком ухудшают читаемость диска благодаря специальной фокусировке считывающего лазерного луча и коду коррекции ошибок, все же желательно по возможности беречь CD от механических повреждений.

Емкость

На момент появления, компакт диски предлагали хорошее соотношение объема хранимой информации к стоимости диска, однако сегодня такие диски совершенно не актуальны для хранения данных в силу малого объема и практически полностью вытеснены более современными оптическими дисками.

Устройство CDROM Drive

Давайте теперь вкратце рассмотрим, из чего состоит устройство для считывания данных с CDROM — CDROM Drive.

Типичное устройство накопителя приведено на рисунке. Давайте рассмотрим алгоритм работы CDROM Drive и разберемся как он работает.

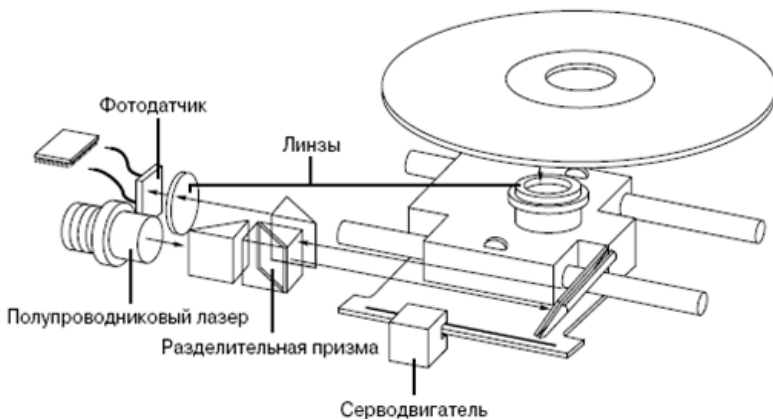


Рисунок 19

- Полупроводниковый лазер генерирует маломощный инфракрасный луч, который попадает на отражающее зеркало.
- Серводвигатель по командам, поступающим от встроенного микропроцессора, смещает подвижную каретку с отражающим зеркалом к нужной дорожке на компакт диске.
- Отраженный от диска луч фокусируется линзой, расположенной под диском, отражается от зеркала и попадает на разделительную призму.

- Разделительная призма направляет отраженный луч на другую фокусирующую линзу.
- Эта линза направляет отраженный луч на фотодатчик, который преобразует световую энергию в электрические импульсы.
- Сигналы с фотодатчика декодируются встроенным микропроцессором и передаются в компьютер в виде данных.

Устройства для записи на CD

Существуют устройства, которые позволяют осуществлять запись на лазерные диски, такие устройства называют CD-R Drive (*CD Recordable Drive* — записывающее на CD устройство), а сам диск, на который производится запись называется просто CD-R. Чистый CDR не имеет на своей поверхности ни одного углубления, он представляет собой чистую поверхность. При записи, на этой поверхности лазерный луч записывающего устройства выжигает затемнённые участки, воспринимаемые при чтении как пикеты, производя таким образом запись информации. Разумеется, однажды записав информацию на такой диск, ее нельзя стереть или изменить, так как при записи отражающий слой золота изменяется. Устройство CD-R Drive способно, разумеется и читать как информацию, записанную на таких, так и на обычных CD-ROM дисках.

Помимо однократно записываемых CD-R, существуют и многократно перезаписываемые CD-RW (*CD ReWritable*). Диск CD-RW имеет активный слой из сплава Ag-In-Sb-Te (сереброиндий-сурьма-телур).

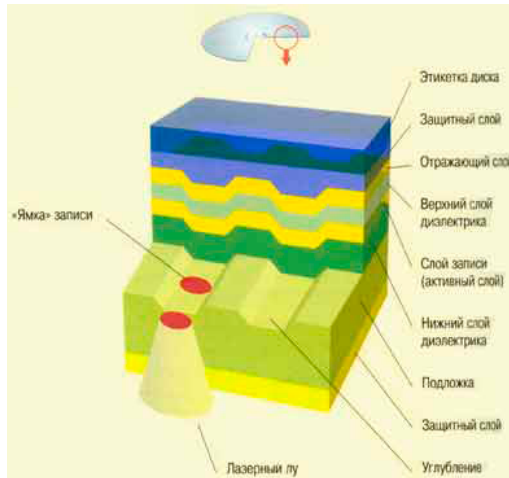


Рисунок 20

Такой слой при нагревании до $500\text{--}700^\circ\text{C}$ теряет отражающие свойства, таким образом можно осуществить запись информации. При нагревании же до температуры около 200°C отражающие способности слоя восстанавливаются, таким образом запись на такой носитель можно производить многократно. Соответственно, устройства записи на CD-RW могут еще и записывать обычные золотые диски, и, разумеется, читают обычные алюминиевые. Скорость таких устройств маркируют обычно тремя числами, например 48x/24x/48x: запись CD-R производится на 48x скорости, запись CD-RW — на 24x скорости, чтение всех видов CD — на 48x.

DVD

DVD Аббревиатура означает цифровой видео диск (*digital video disc*), или цифровой универсальный диск (*Digital Versatile Disc*). Это стандарт, значительно увели-

чивающий объем дисков и, следовательно, количество используемых для компакт-дисков приложений. Главная проблема технологии CD-ROM состоит в том, что она жестко ограничена объемом памяти диска. Стандартный диск CD-ROM может содержать максимум 700 Мбайт данных, и, разумеется, для современных задач этого крайне мало.

Спецификации DVD

В соответствии со стандартом односторонний, однослойный DVD-диск содержит 4,7 Гбайт информации. Диск имеет такой же диаметр, как современные компакт-диски, однако он в два раза тоньше (0,6 мм). Применяя сжатие по стандарту MPEG-2, на новом диске можно разместить 135 минут видео полнометражный полноэкранный фильм с полным количеством кадров, с тремя каналами качественного звука и четырьмя каналами субтитров.

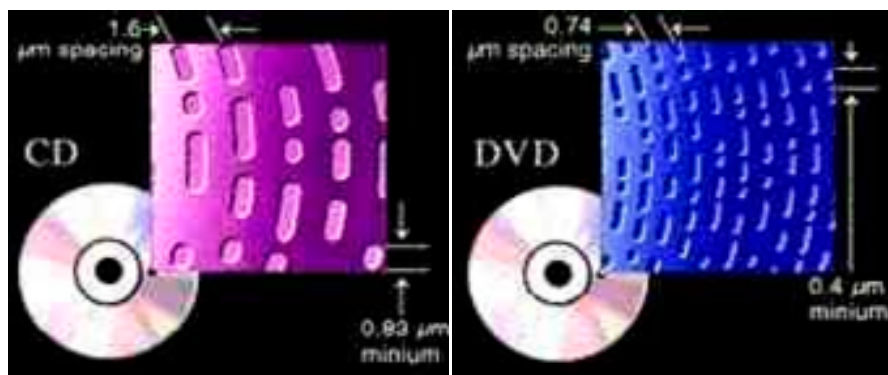


Рисунок 21

Значение емкости диска не случайно: стандарт создавался под эгидой киноиндустрии, давно искавшей недорогую и надежную замену видеокассетам.

Для увеличения емкости DVD-диска можно изменять такие параметры:

- уменьшать длину пита ($\sim 2,08\times$, от 0,972 до 0,4 мкм);
- уменьшать расстояние между дорожками ($\sim 2,1\times$, от 1,6 до 0,74 мкм);
- увеличивать область данных ($\sim 1,02\times$, от 86 до 87,6 см²);
- повышать эффективность кода коррекции ошибок ($\sim 1,32\times$);
- уменьшать секторы ($\sim 1,06\times$, от 2048/2352 до 2048/2060 байт).
- Использование инфракрасного лазера (780 нм)), что позволяет распознаватьпиты меньших размеров.

Поверхности DVD

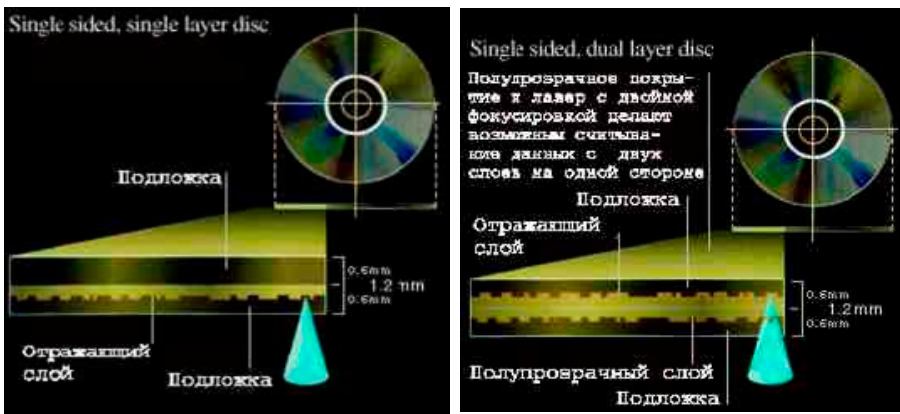


Рисунок 22

Большинство дисков DVD имеют емкость 4,7 Gb. Применение схем удвоения плотности и их комбинирования, позволяет иметь диски большей емкости: от 8,5 Gb

и 9,4 Гб до 17 Гб. Существуют следующие структурные типы DVD:

- **Single Side/Single Layer** (односторонний/однослойный) — это самая простая структура DVD диска. На таком диске можно разместить до 4,7 Гб данных. Кстати, эта емкость почти в 7 раз больше емкости обычного CD-ROM диска.
- **Single Side/Dual Layer** (односторонний/двуслойный) — этот тип дисков имеет два слоя данных, один из которых полупрозрачный. Оба слоя считываются с одной стороны и на таком диске можно разместить 8,5 Гб данных, т.е. на 3,5 Гб больше, чем на однослойном/одностороннем диске.
- **Double Side/Single Layer** (двусторонний/однослойный) — на таком диске помещается 9,4 Гб данных (по 4,7 Гб на каждой стороне). Нетрудно заметить, что емкость такого диска вдвое больше одностороннего/однослойного DVD диска. Между тем, из-за того, что данные располагаются с двух сторон, придется переворачивать диск или использовать устройство, которое может прочитать данные с обеих сторон диска самостоятельно.
- **Double Side/Double Layer** (двусторонний/двуслойный) — структура этого диска обеспечивает возможность разместить на нем до 17 Гб данных (по 8,5 Гб на каждой стороне).

Устройства для чтения DVD

Устройства DVD отличаются скоростью считывания данных. Стандартная скорость — 1,3 Мбайт/с, что приблизительно эквивалентно накопителю 9x CDRom.

Время доступа составляет около 100–150 мс. Накопители DVD полностью совместимы с предыдущими стандартами, могут считывать данные с обычных CDROM и проигрывать аудиодиски.

Обычные приводы DVD маркируются например как 16х/52х, эта маркировка его расшифровывается так: первая цифра — скорость чтения DVD, вторая — скорость чтения CD.

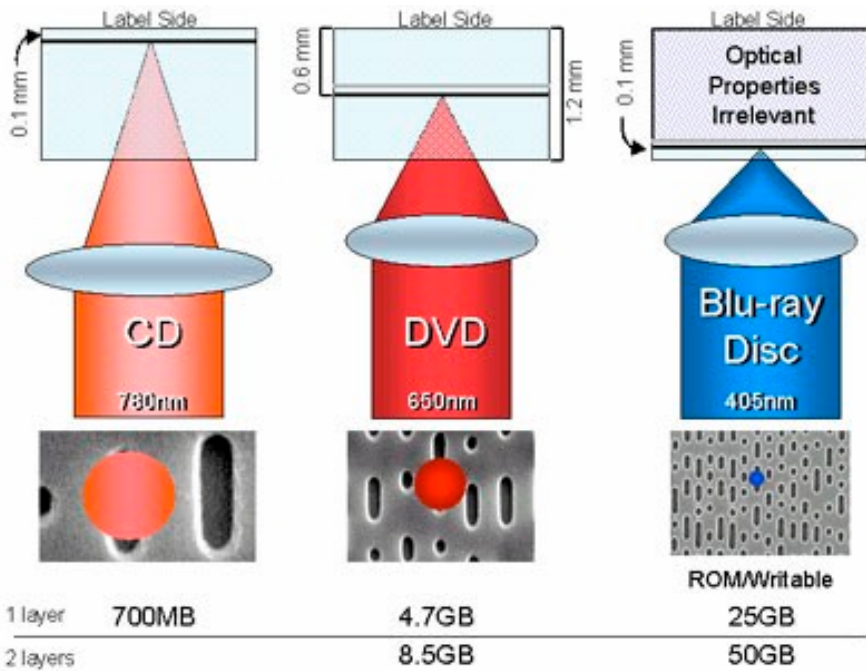


Рисунок 23

Если же привод пишущий и CD, и DVD, то маркировка его может быть примерно такой: DVD-RW/CD-RW 8х/4х/12х/24х/16х/32х, где 8х — скорость записи DVD-R, 4х — скорость записи DVD-RW, 12х — скорость чтения

DVD, 24x — скорость записи CD-R, 16x — скорость записи CD-RW, 32x скорость чтения CD.

В настоящее время массово применяются приводы DVD±RW — их основное отличие от обычных DVD-RW в поддержке кроме всех перечисленных стандартов, ещё и стандарта DVD+RW.

Blu-Ray Disc

Не так давно девять компаний, лидирующих в разработке новых поколений DVD технологий — Hitachi, LG Electronics, Matsushita Electric, Pioneer Corporation, Royal Philips Electronics, Samsung Electronics, Sharp Corporation, Sony и Thomson Multimedia анонсировали новый формат записи оптических дисков для записи видео и его базовыми спецификациями. Новый формат назван «Blu-ray Disc» (BD), название технологии дано по длине излучения лазера — *blue-violet* (голубой/фиолетовый диапазон, 405 нм), который будет применяться при работе с новыми дисками.

На текущий момент времени существует два варианта технологии оптических накопителей с таким типом лазера — HD-DVD и упомянутый BD (BD-ROM, BD-RE, BD-R).

Стандарт HD-DVD, разработанный Toshiba и NEC, имеет емкость одного слоя 15 Гб, а стандарт BD поддерживает до 25 Гб на слой, причем выпускаются как однослойные, так и двухслойные диски. Одна единица скорости чтения/записи (1x) для таких дисков составляет примерно 4,5 Мб/с, это в 3,5 раза больше чем одна скорость DVD.

Подключение оптических накопителей

Подключение приводов для оптических дисков осуществляется полностью аналогично подключению жестких дисков, используются интерфейсы PATA (устаревший) и SATA (современный).

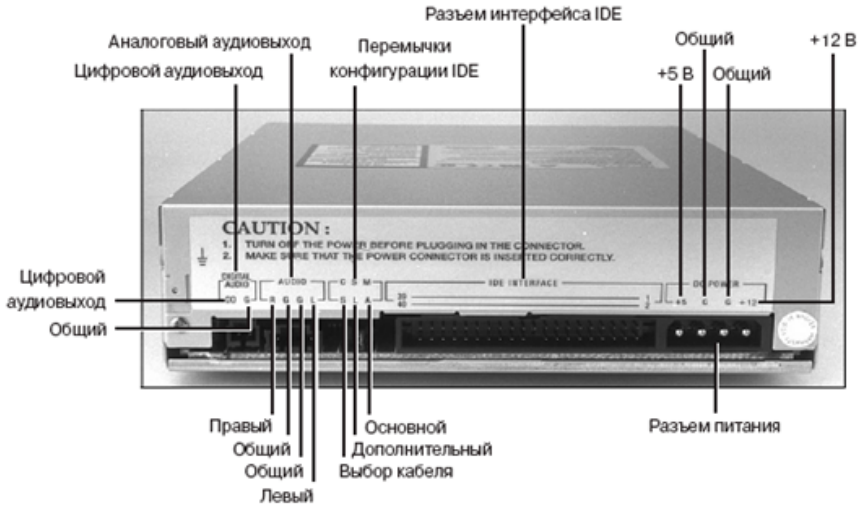


Рисунок 24



Урок №4

Жесткие диски. Оптические накопители

© Компьютерная Академия «Шаг», www.itstep.org

Все права на охраняемые авторским правом фото-, аудио- и видео-произведения, фрагменты которых использованы в материале, принадлежат их законным владельцам. Фрагменты произведений используются в иллюстративных целях в объеме, оправданном поставленной задачей, в рамках учебного процесса и в учебных целях, в соответствии со ст. 1274 ч. 4 ГК РФ и ст. 21 и 23 Закона Украины «Про авторське право і суміжні права». Объем и способ цитируемых произведений соответствует принятым нормам, не наносит ущерба нормальному использованию объектов авторского права и не ущемляет законные интересы автора и правообладателей. Цитируемые фрагменты произведений на момент использования не могут быть заменены альтернативными, не охраняемыми авторским правом аналогами, и как таковые соответствуют критериям добросовестного использования и честного использования.

Все права защищены. Полное или частичное копирование материалов запрещено. Согласование использования произведений или их фрагментов производится с авторами и правообладателями. Согласованное использование материалов возможно только при указании источника.

Ответственность за несанкционированное копирование и коммерческое использование материалов определяется действующим законодательством Украины.